



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS



Curso de Geologia

MAPEAMENTO GEOLÓGICO E PETROGRAFIA DO ALVO T-578- GREENSTONE BELT PILAR DE GOIÁS (PILAR DE GOIÁS – GO)

FÁBIO TOSI DI DONATO

Rio Claro – SP

2011

UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro (SP)

MAPEAMENTO GEOLÓGICO E PETROGRAFIA DO ALVO
T-578 – GREENSTONE BELT PILAR DE GOIÁS
(PILAR DE GOIÁS – GO)

FÁBIO TOSI DI DONATO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho”, campus de Rio Claro, como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.”

Orientador: Prof. Dr. SEBASTIÃO GOMES DE CARVALHO

Rio Claro – SP

2011

551.8 Donato, Fabio Tosi di
D677m Mapeamento geológico e petrografia do alvo T-578-
Greenstone Belt Pilar de Goiás (Pilar de Goiás – GO) / Fabio
Tosi di Donato. - Rio Claro : [s.n.], 2011
45 f. : il., figs., tabs., mapas + 19 mapa + 19 descrições

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Geologia) -
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e
Ciências Exatas
Orientador: Sebastião Gomes de Carvalho

1. Geologia estrutural. 2. Formação Serra do Moinho. 3.
Alterações hidrotermais. I. Título.

Esses 5 anos de geologia em Rio Claro foram anos vividos da forma mais intensa possível. Foi um tempo em que conheci muitos amigos, e junto com eles aprendi muito a respeito de geologia e da vida. Este último fato, sendo o que fez tudo valer a pena. Sou muito grato a esses anos.

Assim agradeço aos meus pais, por todo apoio e educação que me proporcionaram, tornando possível meu ingresso em uma boa faculdade. Aos grandes amigos que fiz aqui: todos os geozehlitos, o que inclui o pessoal da Masmorra, Fossa, Mansão e Sinta Liga. Aos nossos professores, que praticamente nunca nos negaram ajuda ou conhecimento. A Unesp, somando todos os funcionários, os quais cuidam do campus para que este seja um lugar agradável para todos. E claro, a Deus também.

A Yamana Gold e as pessoas com quem trabalhei em Goiás, sem as quais não seria possível a realização desse trabalho, muito obrigado.

RESUMO

A área de estudo localiza-se no contexto geológico do *greenstone belt* Pilar de Goiás (GO), fazendo parte da sequência meta-vulcano-sedimentar do Grupo Pilar de Goiás. Trata-se de um pacote homoclinal de metassedimentos terrígenos contendo intercalações de rochas meta-ultramáficas e formações ferríferas. As unidades informalmente nomeadas nesse trabalho foram interpretadas como sendo pertencentes à Formação Serra do Moinho. Através das associações mineralógicas atribuiu-se o metamorfismo da área como sendo de fácies xisto verde alto zona da granada. Previamente a este trabalho foram detectadas na área algumas anomalias auríferas através de amostras de solo, sendo um dos objetivos desse trabalho a detecção de possíveis alterações hidrotermais relacionadas a essas anomalias presentes na área de estudo.

Palavras chaves: *Greenstone Belt* Pilar de Goiás, Formação Serra do Moinho, Alterações Hidrotermais.

ABSTRACT

The study area is located in the geological parameters of the Pilar de Goiás Greenstone Belt (GO), it is part of the Pilar de Goias Group's meta-volcano-sedimentary sequence. This is a homoclinal package constituted by terrigenous metasediments containing intercalations of meta-ultramafic rocks and iron formations. The units that were informally named in this work, are interpreted as belongs to the Serra do Moinho Formation. Through mineralogical associations the area's metamorphism were classified as high greenschist facies garnet zone. Prior to this work were detected in the area, through soil samples, some auriferous anomalies. One of the objectives of this work is the detection of possibles hidrothermal alterations related to these anomalies presents in the study area.

Key Words: Pilar de Goiás *Greenstone Belt*, Serra do Moinho Formation, Hidrothermal Alterations.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Localização e Vias de Acesso.....	1
1.2 Aspectos Fisiográficos.....	2
2. OBJETIVOS.....	3
3. MÉTODOS E ETAPAS DE TRABALHO	4
4. GEOLOGIA REGIONAL.....	4
4.1 Estratigrafia	8
4.2 Geologia Estrutural	12
5. ESTRATIGRAFIA	14
5.1 Descrição das Unidades.....	15
5.2 Interpretação das Unidades	23
6. GEOLOGIA ESTRUTURAL	24
7. METAMORFISMO.....	28
8. ALTERAÇÕES HIDROTERMAIS.....	32
8.1 Alterações Hidrotermais na Área de Estudo.....	34
9. RESULTADOS DAS ANÁLISES QUÍMICAS PARA TEOR DE OURO.....	37
10. CONCLUSÕES	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE I: Mapa de Pontos

APÊNDICE II: Mapa Geológico

APÊNDICE III: Mapa Estrutural

APÊNDICE IV: Seção Geológica

APÊNDICE V: Descrições Petrográficas

1. INTRODUÇÃO

A região de Pilar de Goiás, localizada a noroeste do Estado de Goiás, possui grande importância para a mineração desde o século XVIII, quando o bandeirante João Godoy Pinto da Silveira, em busca de escravos fugitivos, encontrou ouro na região, dando início a um grande interesse na pesquisa de minério no local. Assim, a região de Pilar de Goiás tinha a extração aurífera como sua principal atividade econômica. No entanto devido ao alto custo de extração, e as abusivas percentagens pagas à superintendência das minas, levou a extração do ouro a ser meramente uma atividade garimpeira, a qual perdurou até o final do século XX.

Atualmente há na região uma mina de ouro em atividade próximo a Crixás (Serra Grande), uma mina com instalação prevista em Pilar de Goiás (Jordino), e diversos alvos em estudos de viabilização ou exploratórios, sendo um destes alvos a área de estudo deste trabalho.

Este trabalho tem como foco uma área típica de *greenstone belt*, na qual foram constatadas várias ocorrências de ouro. A área está localizada no Estado de Goiás, próxima a cidade Pilar de Goiás. As ocorrências foram identificadas, na área em questão, através de concentrados de bateia obtidos a partir de amostras de solo coletadas em malha regular. Nos concentrados foram contadas as partículas de ouro (pintas de ouro) e através da geoestatística obteve-se a distribuição geográfica das anomalias auríferas, anomalias estas que constituem o motivo e o objeto de estudo da presente proposta. Além das anomalias auríferas, também foi detectada geoquimicamente uma anomalia de arsênio. O mapa geoquímico contendo tais anomalias foi cedido pela empresa.

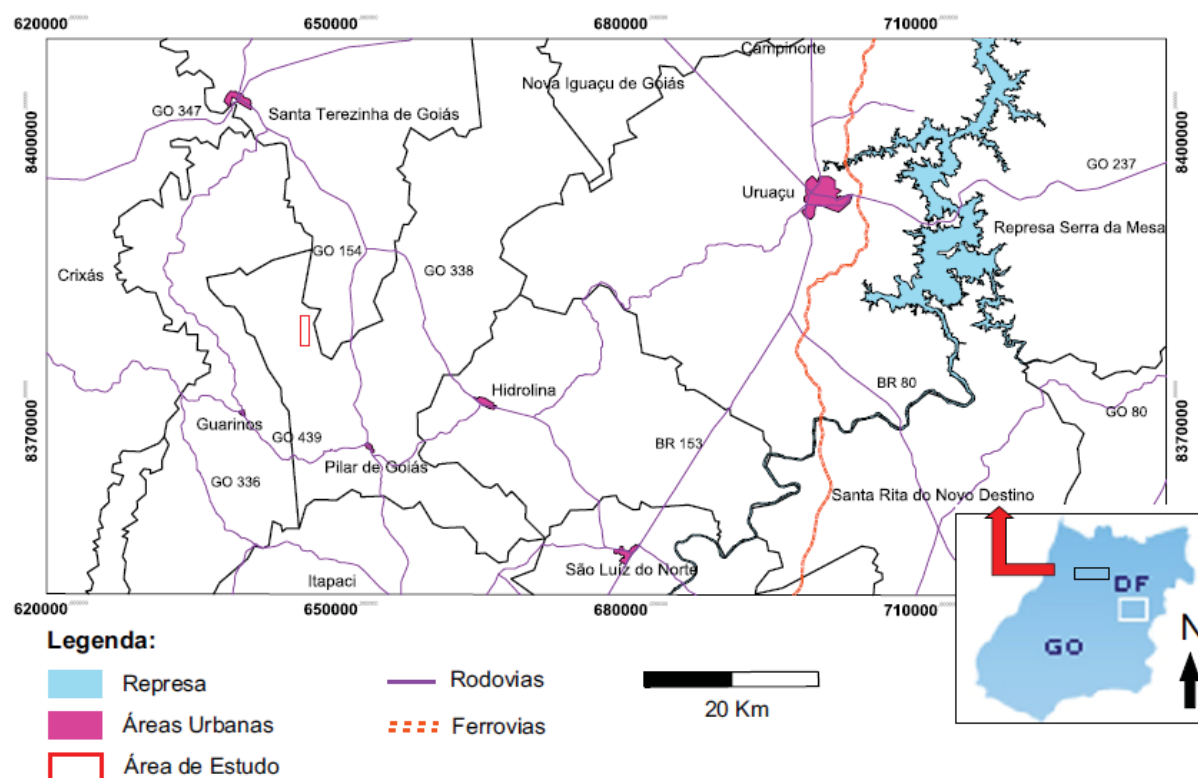
Neste contexto a presente proposta objetiva o mapeamento geológico de detalhe e o reconhecimento da evolução petrográfica, da área que contém o alvo T-578 da empresa de mineração YAMANA GOLD.

1.1 Localização e Vias de Acesso

A área de estudo situa-se no município de Pilar de Goiás, o acesso à área se dá pela rodovia GO-154, que liga os municípios Pilar de Goiás a Santa Terezinha de Goiás, como mostra a figura 1.1. Nessa rodovia, próximo ao limite destes municípios, há uma estrada não pavimentada que liga a rodovia GO-154 à área de estudo.

O Município de Pilar de Goiás dista 257 km de Goiânia, e o seu principal acesso é através da rodovia BR-153 e a rodovia estadual GO-080, com relação à Brasília a distância é de 312 km e seu acesso é feito pela BR-070 e BR-153.

Figura. 1.1: Mapa de localização com os principais municípios da região, sendo o retângulo vermelho a área de estudo.



1.2 Aspectos Fisiográficos

Clima: Segundo a classificação de Köppen, a porção noroeste do Estado de Goiás apresenta clima predominante tropical quente, sub-úmido, caracterizado por dois períodos distintos bem definidos: uma estação seca (“inverno”, meses de maio a setembro) e outra chuvosa (“verão”, meses de outubro a abril). As temperaturas médias anuais são de 23° C e os totais pluviométricos chegam a 1.800mm/ano.

Vegetação: O cerrado é a vegetação predominante do Estado de Goiás. O solo apresenta deficiência em nutrientes, mas sendo rico em ferro e alumínio. As plantas são de aparência seca, entre arbustos esparsos e gramíneas, a vegetação de maior porte encontra-se geralmente nas encostas e topos de colinas e morros.

Hidrografia: Os principais rios que se encontram presentes no estado de Goiás são o Tocantins, Araguaia e Paranaíba, sendo que este é um dos formadores do rio Paraná, na região meridional. Destacam-se ainda no Estado, os rios Aporé, Corumbá, São Marcos, Claro e Maranhão. No sul da área de estudo passa o Córrego do Cedro em direção W-E, nessa porção o córrego é pouco fundo e possui cerca de seis metros de largura. A área possui várias grotas, de tamanhos pequenos e secas geralmente.

Relevo: São encontrados antigos terrenos de natureza cristalina e sedimentar também. Planaltos bastante trabalhadas pela erosão, que se alternam com chapadas, apresentam características físicas de contrastes marcantes.

Na porção leste da área há uma pequena serra que se estende pela área de estudo, com direção N-S, possuindo encostas ligeiramente convexas. A oeste da área o terreno é em sua maioria razoavelmente plano, com algumas colinas e morrotes distribuídos principalmente na porção central da área.

2. OBJETIVOS

Os objetivos principais deste trabalho foram o mapeamento geológico em escala 1:5000 da área, com coleta de amostras para a execução de análises microscópicas por luz transmitida e refletida, visando um melhor entendimento da geologia da área em termos de: Correlacionar as possíveis mineralizações com as fácies metamórficas/hidrotermais, identificar os protolitos das atuais rochas, e o reconhecimento dos controles das possíveis mineralizações auríferas.

3. MÉTODOS E ETAPAS DE TRABALHO

Revisão Bibliográfica: Esta etapa constituiu em reunir os principais trabalhos (artigos, teses dissertações, etc.) referentes a trabalhos técnicos e científicos que enfocaram aspectos geológicos contidos na região, bem como extrair e sintetizar a essência destes, com o intuito de direcionar a pesquisa e fundamentar as discussões que farão parte da monografia de conclusão de curso do aluno. Também foram pesquisados artigos científicos referentes a mineralizações auríferas com alguma similaridade de outras regiões do país. Assim, além de comparar os seus resultados com outros já existentes, a revisão bibliográfica também possibilitará uma familiarização com a geologia da região.

Atividade de Campo: Esta etapa foi realizada durante estágio nos meses de janeiro e fevereiro de 2011, totalizando 18 dias de campo. A atividade de campo teve como finalidade o mapeamento geológico em escala 1:5000 da área (aproximadamente 3 km²), coleta de amostras e medidas estruturais, observar e registrar macroscopicamente as diferentes rochas e alterações hidrotermais. Durante o mapeamento também houve coleta de amostras (“chipagem”) com o intuito de se obter o teor de ouro dessas amostras, via análise química. Durante a etapa de campo foram feitos 243 pontos, coletadas 50 amostras, 140 medidas estruturais e coletadas 32 amostras com as quais fizeram-se análise química para se obter o teor de ouro.

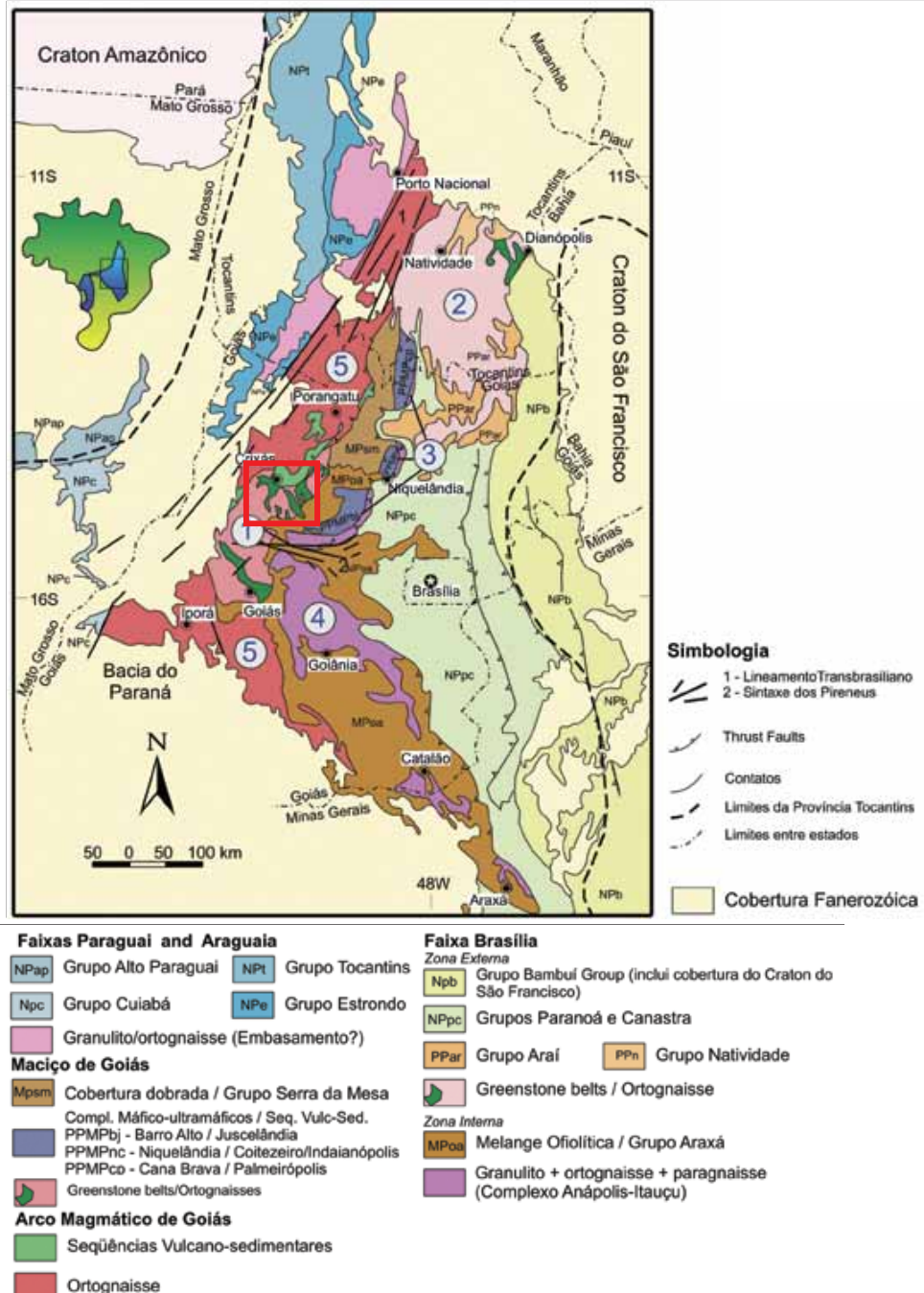
Estudos Laboratoriais: A partir das amostras coletadas em campo, foram confeccionadas 20 secções delgadas polidas, das quais uma não pôde ser aproveitada devido a má qualidade, para análise microscópica de luz transmitida e refletida, com enfoques mineralógicos, texturais, microestruturais e evolutivos. Nesta análise, buscou-se uma caracterização petrográfica das rochas presentes na área de estudo, envolvendo a identificação das fases metamórficas, hidrotermais e a ordem cronológica destas. Nos casos de dúvida na determinação dos minerais em função da granulação muito fina, ou outra dificuldade, serão realizadas análises de difração de raios X.

Tratamento dos Dados: Os dados colhidos em campo, como as descrições e medidas estruturais, foram armazenados em forma de tabela no programa Excel. O mapa geológico foi confeccionado no *software* ArcGis, com possíveis retoques e finalizações via outro *software*, o CorelDraw. No relatório final, esses dados foram todos reunidos em um único arquivo em formato PDF, com o mapa impresso em anexo. No relatório final, as descrições, análises petrográficas e medidas estruturais foram relatadas como texto, e estereogramas (no caso das medidas) feitos com o programa Estereonet. No caso da identificação das fases metamórficas e hidrotermais, poderá ser feito o uso de diagramas.

4. GEOLOGIA REGIONAL

A área de estudo está inserida na Província Tectônica Tocantins, a qual segundo Almeida *et al.*, 1977 encontra-se limitada a leste pelo Cráton do São Francisco, a oeste pelo Cráton Amazônico, e a norte e sul pelas bacias do Parnaíba e Paraná respectivamente. A província Tocantins engloba as Faixas Brasília, Paraguai e Araguaia e o Maciço de Goiás. A figura 4.1 ilustra este quadro geral.

Figura 4.1: Mapa geológico com detalhe para a porção centro-leste da Província Tocantins. 1: Bloco arqueano de Crixás-Goiás (em destaque a porção norte do bloco); 2: Terrenos Paleoproterozóicos; 3: Complexos Máficos-Ultramáficos; 4: Complexo Anápolis-Itauçu; 5: Arco Magmático de Goiás.



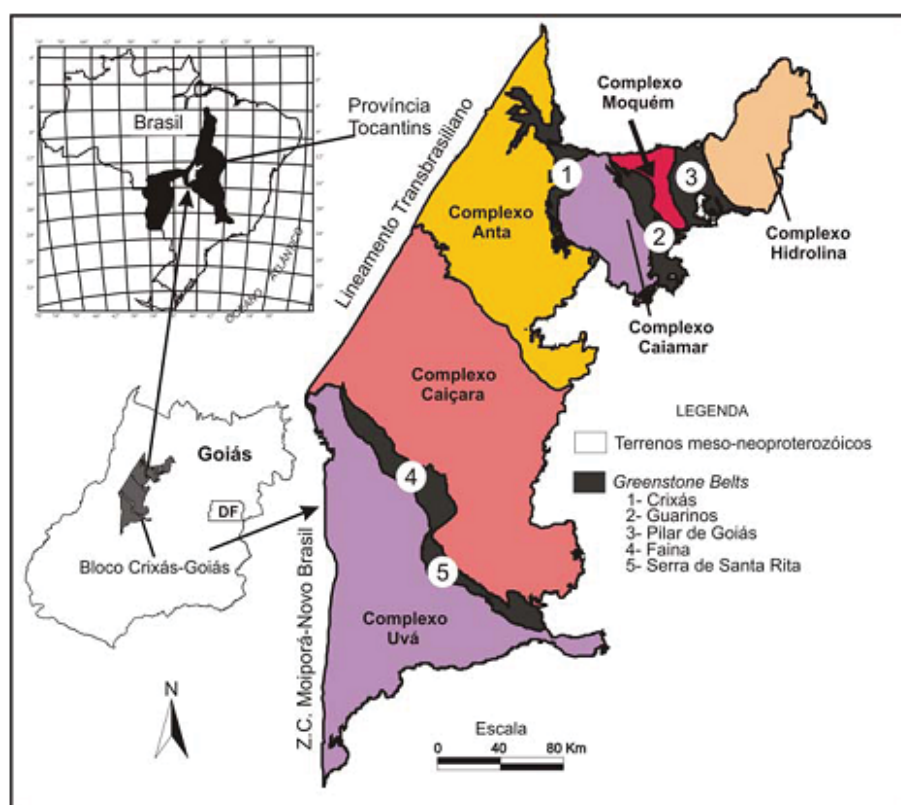
Fonte: Extraído de Pimentel *et al* 2004

No Maciço de Goiás (este em detalhe na figura 4.2), encontram-se justapostos por falhas, complexos granito-gnáissicos e sequências supracrustais metavulcanossedimentares do tipo *greenstone belt*. Sendo que a norte esses complexos e supracrustais fazem contato com metassedimentos proterozóicos associados a metavulcânicas, e a sul está o Grupo Araxá. A porção norte do Maciço de Goiás compreende três faixas supracrustais do tipo *greenstones belts*, que foram assim classificadas por Danni & Ribeiro (1978) e Sabóia (1979), e agrupadas

em uma única unidade denominada Grupo Pilar de Goiás. Mapeamentos de detalhe realizados por Kuyumjian (1981) e Danni et al. (1981; 1986) demonstraram que esses *greenstone belts* ocorrem como faixas estreitas e alinhadas em NNW-SSE, com comprimentos de 40 km e largura média de 6 km, estando separadas pelos complexos granito-gnáissicos, como mostra a figura 4.2.

Posteriormente na década de 90 com os trabalhos de de Jost & Oliveira (1991), o Grupo Pilar de Goiás, teve suas três sequências supracrustais tipo *greenstone belt* separadas, cada uma com uma coluna estratigráfica diferente, de oeste para leste: *Greenstone Belt* de Crixás, Guarinus e Pilar de Goiás, como mostra a figura 4.2, sendo que a área de estudo situa-se no *Greenstone Belt* Pilar de Goiás.

Figura. 4.2: Figura exibindo a disposição dos complexos granito-gnáissicos e greenstone belts do Maciço de Goiás, e em menor detalhe a Província Tocantins e sua localização (Jost, 2009).



Fonte: Jost (2009).

Essas três sequências apresentam na base de suas seções estratigráficas uma sucessão de rochas metakomatiíticas, seguidas por outra sucessão de metabasálticas. Arndt *et al* (1989) atribuem idades isócronas de 2825 ± 98 Ma (Sm-Nd) e 2728 ± 140 Ma (Pb-Pb), para essas metavulcânicas, no caso do *Greenstone Belt* de Crixás. Mais recentemente Fortes *et al.* (2003), atribuem idade isócrona Sm-Nd com idade de $3,00 \pm 0,07$ Ga para as mesmas.

As porções superiores desses três *greenstones* são compostas por uma série de metassedimentos diversos, como BIF's, carbonatos e metapelitos. A sequência Crixás teve seus metassedimentos datados por Fortes *et al.* (2003), que revelaram idades entre 2,5 e 2,3 Ga, por meio do método Sm-Nd. Tassinari *et al.* (2006), através do método U-Pb SHRIMP para zircões detríticos, obtiveram uma idade de 2.212 ± 36 Ma, para análises em metagrauvacas e filitos carbonosos da sequência metasedimentar no norte do *Greenstone belt* de Crixás. Os *greenstones belts* de Guarinos e Pilar de Goiás também tiveram seus metassedimentos datados, Resende & Jost (1995), obtiveram idades de $2.232 \pm 39 \pm 36$ Ma, em análises feitas em zircões pertencentes aos BIF's da unidade Guarinos. Já, rochas metassedimentares da unidade Pilar de Goiás apresentaram idades de 2.189 ± 36 Ma, (Jost *et al.*, 2008). Esses dados levaram a crer que as porções metassedimentares desses três *greenstones*, têm origem na verdade, no Paleoproterozóico, e não no Arqueano como se pensava anteriormente.

Com relação aos complexos granito-gnáissicos da porção norte do Maciço de Goiás, estes são denominados de Complexo Anta, Caiamar, Moquém e Hidrolina, de oeste para leste. O complexo Anta é constituído na sua parte oeste por granodioritos e tonalito-gnaisses, segundo Queiroz *et.al.* (2008), enquanto que a porção leste próxima ao *greenstone* de Crixás, Lacerda Filho *et. al.*(2000) a descreve como um grande corpo de granodiorito gnáissico intrudido por estoques de granito. Jost *et al.*, (1994b), divide o Complexo Caiamar de sul para norte, em granodioritos gnáissicos Águas Claras, Tonalito Tocambira e o tonalito gnáissico Crixás Açú. O Complexo Moquém é constituído de granito, granodiorito e tonalito gnáissico (Jost *et al.*, 1994). Já, o Complexo Hidrolina, segundo Danni & Ribeiro (1978) é formado basicamente por granodiorito e em menor quantidade tonalito gnáissico.

Queiroz *et. al.* (2008), datou os blocos granítico-gnáissicos acima citados por meio de análise de zircões, pelo método U-Pb SHRIMP. A tabela 4.1 exhibe os resultados dessas análises.

Tabela 4.1: Dados geocronológicos dos complexos granito-gnaisses.

Rocha	Idade (Ma)	Unidade
Granodiorito	2820 ± 6	Anta
Intrusões graníticas	2792 ± 7	Anta
Tonalito	2842 ± 6	Tocambira (Caíamar)
Granodiorito gnáissico	2844 ± 7	Águas Claras (Caíamar)
Tonalito gnáissico	2817 ± 7	Crixás Açu (Caíamar)
Granito gnáissico	2711 ± 3	Moquéim
Granodiorito gnáissico	2707 ± 4	Moquéim
Granodiorito gnáissico	2785 ± 5	Hidrolina

Fonte: Queiroz (2008).

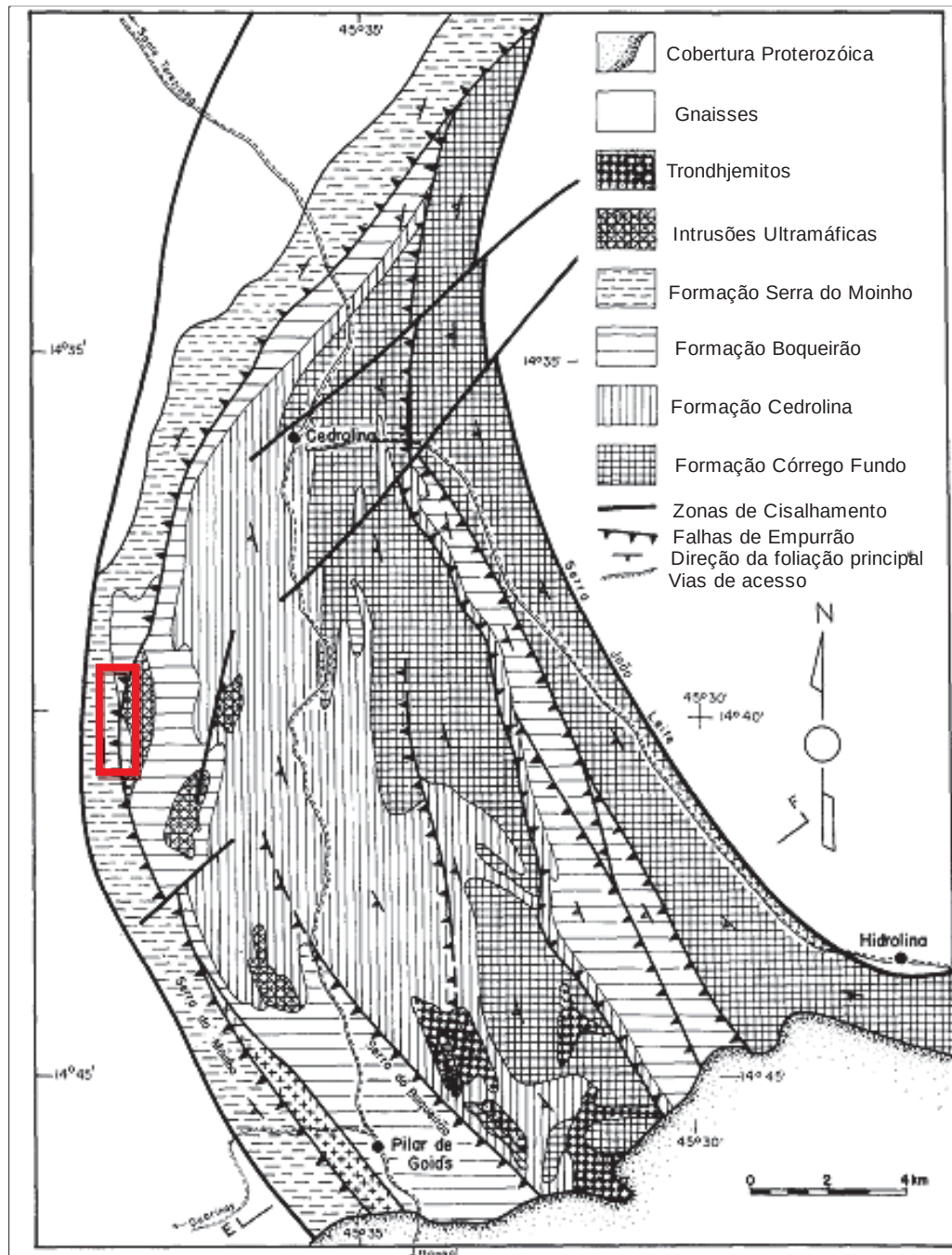
4.1 Estratigrafia

O *greenstone belt* de Pilar de Goiás, onde está localizada a área de estudo, próxima ao limite centro-oeste (fig. 4.3), aflora por uma extensão de 40 km de direção N 10 a 20°W, (Jost & Oliveira, 1991). Limita-se a oeste por um conjunto de duas falhas com o Bloco Moquéim, e a leste está limitado pelo Complexo Hidrolina. Foram Jost & Oliveira (1991) que dividiram as rochas supracrustais dessa faixa, da base para o topo, nas formações: Córrego Fundo, Cedrolina, Boqueirão e Serra do Moinho. Estas formações consistem respectivamente de metakomatiitos, metabasaltos, rochas de origem sedimentar química e metapelitos. Essas quatro formações reunidas compõem o Grupo Pilar de Goiás, que será descrito a seguir com base em Jost & Oliveira (1991).

Formação Córrego Fundo: Essa unidade possui aproximadamente 900m de espessura e aflora na porção leste do *greenstone belt* de Pilar de Goiás, consiste de uma sucessão de komatiitos, os quais foram alterados para serpentinitos, talco e clorita filitos, contendo também subordinariamente, piroxenitos e derrames basálticos representados por filitos com

tremolita. Camadas contínuas de metachert e BIF's, bem como sills e diques peridotíticos, são intercalações comuns. Estruturas primárias como *spinifex* são raramente observadas. Intercalações de filitos com tremolita tornam-se mais comuns em direção as porções superiores dessa formação.

Figura 4.3: Greenstone belt de Pilar de Goiás, com a área de estudo em destaque.



Fonte: Jost e Oliveira (1991).

Formação Cedrolina: Possui espessura estimada de 500m e aflora principalmente na porção central do *greenstone*. É constituída por uma sucessão de derrames de basaltos

toleíticos, representados por filitos com anfibólio e anfibolitos. Por vezes é possível observar texturas vulcânicas reliquias, como as de tufos cristalinos. Intercalações metassedimentares de fácies oxidadas ferríferas e/ou manganésíferas, com aproximadamente 1 a 2m de espessura, ocorrem lateralmente de modo contínuo ou descontínuo.

Formação Boqueirão: Possui espessura estimada de 200m e é constituída por dois membros distintos. O membro inferior com aproximadamente 50m de espessura, é caracterizado por um tremolita pirita carbonato metachert maciço. A quantidade de tremolita geralmente aumenta em direção ao topo desse membro, indicando aumento do carbonato também. A ausência de características que apontariam para um ambiente sedimentar de águas rasas, a homogeneidade lateral, a estrutura maciça e a composição cálciossilicática das rochas, levam a crer que a deposição dessa unidade se deu em profundidades abaixo do ponto compensação do carbonato. O membro superior tem contato gradacional com o inferior, consistindo de uma sucessão bandada homogênea de calciossilicáticas, representadas por rochas contendo quartzo, carbonato e actinolita e outras contendo actinolita e epidoto, estas últimas podem apresentar finas lentes de metachert. A parte superior desse membro contém lentes de dolomito de uma cor branca e estrutura bandada a maciça, com mudanças laterais e verticais de fácies, gradando para rochas contendo carbonato, biotita e clorita ou anfibólio e biotita.

Formação Serra do Moinho: Essa unidade possui cerca de 400m de espessura, e consiste em uma monótona sequência de clorita sericita quartzo filito, por vezes contendo material carbonoso. Intercalações de camadas fina e descontínuas de formações ferríferas e/ou manganésíferas ocorrem no interior das zonas mais carbonosas.

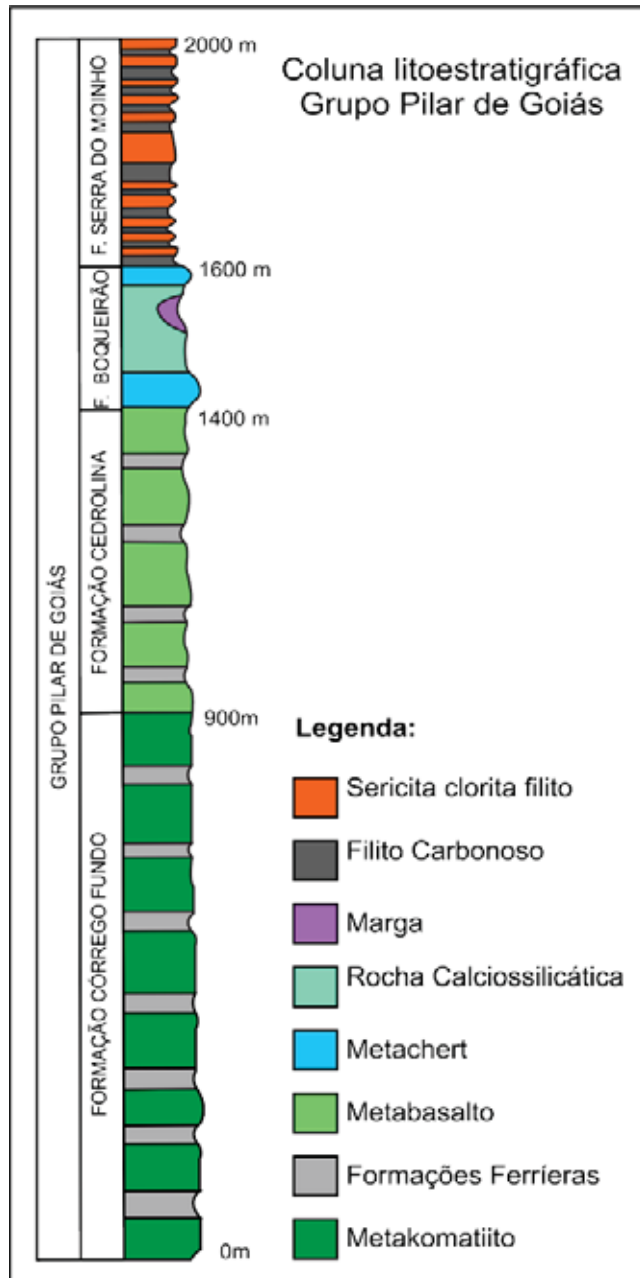


Figura. 4.4: Coluna litoestratigráfica do Grupo Pilar de Goiás, redenhado de Jost *et al.*, (1991).

Fonte: Jost e Oliveira (1991).

Para Resende (1995), a Formação Serra do Moinho consiste de uma sucessão de escamas de empurrão compostas por metapelitos, carbonosos ou não, os primeiros com intercalações de formações ferríferas e/ou manganésíferas. O contato com a Formação Boqueirão se dá por uma descontinuidade tectônica, implicando em que a sedimentação química não foi necessariamente seguida de sedimentação terrígena. No extremo sul da faixa, a unidade repousa sobre rochas calciossilicáticas do topo da Formação Boqueirão mediante uma falha de empurrão paralela ao contato entre o greenstone belt e o Bloco Moquém, com mergulho médio de 30° W e contendo uma proeminente fatia de gnaisses tonalíticos. Para norte, a falha alcança níveis estratigráficos progressivamente inferiores até que, no extremo

norte, a formação repousa sobre o metachert e as formações manganésifera da base da Formação Boqueirão e metabasaltos da Formação Cedrolina.

No capítulo de geologia regional na tese de Pulz (1995), o topo das supracrustais de Pilar de Goiás, é descrito como sendo constituído por muscovita xistos quartzosos, por vezes ricos em granada, que se interdigitam com muscovita quartzitos e metagrauvacas. Por toda a área de Pilar de Goiás-Hidrolina, as supracrustais foram intrudidas por granitóides de variáveis dimensões. A intrusão desses granitóides deixou impressas auréolas de contato sobre as supracrustais, como exemplificam os cristais de tremolita pós-tectônica desenvolvidas nas rochas ultrabásicas na estrada Pilar de Goiás a Guarinos.

O Grupo Araxá é composto por metassedimentos de idade neoproterozóica, contendo menor quantidade de metavulcânicas associadas. Os litotipos desse grupo são representados por mica xistos, quartzo-mica xistos, granada-quartzo-mica xistos, granada-cloritóide-quartzo-mica xistos, quartzitos e quartzitos micáceos, (Valeriano *et al.*, 2004). Estes metassedimentos estruturam *nappes* metamórficas que são interpretadas pelo mesmo autor, como de origem em depósitos de plataforma continental distal, incluindo talude e sopé continental.

4.2 Geologia Estrutural

O *greenstone* de Pilar de Goiás, onde está situada a área de estudo, encontra-se limitado a oeste com o Complexo Moquém por meio de um conjunto de duas falhas, no limite norte por falha de empurrão e a sul por uma falha transcorrente, (Jost *et al.*, 1994). A leste encontra-se em contato também tectônico, com o Complexo Hidrolina, a norte, com metassedimentos do proterozóico, o contato se dá pela Zona de Cisalhamento Mandinópolis (Jost *et al.*, 2001).

Segundo Jost *et al.*, (1991), os três *greenstone belts* da região foram afetados por dois eventos mais proeminentes, que geraram dobras denominadas F1 e F2, de escala mesoscópica a quilométrica. Seguidos por outros três eventos menos marcantes, de dobras denominadas de F3, F4 e F5, estas geralmente são pequenas e de ocorrências pontuais. A superfície axial de F1 é observada em clivagens de fratura presentes nas camadas mais competentes, como cherts e BIF's. Possui um *trend* de N30°-40°W ou próximo a NS, com mergulhos de 20° a 60° para oeste. No caso das dobras F2, estas apresentam superfície axial de direção NS a NW, com

mergulho de 20° a 30° para oeste. As lineações associadas possuem direção de NS a NW também, no entanto com mergulho para norte ou sul, variando de 0° 10°.

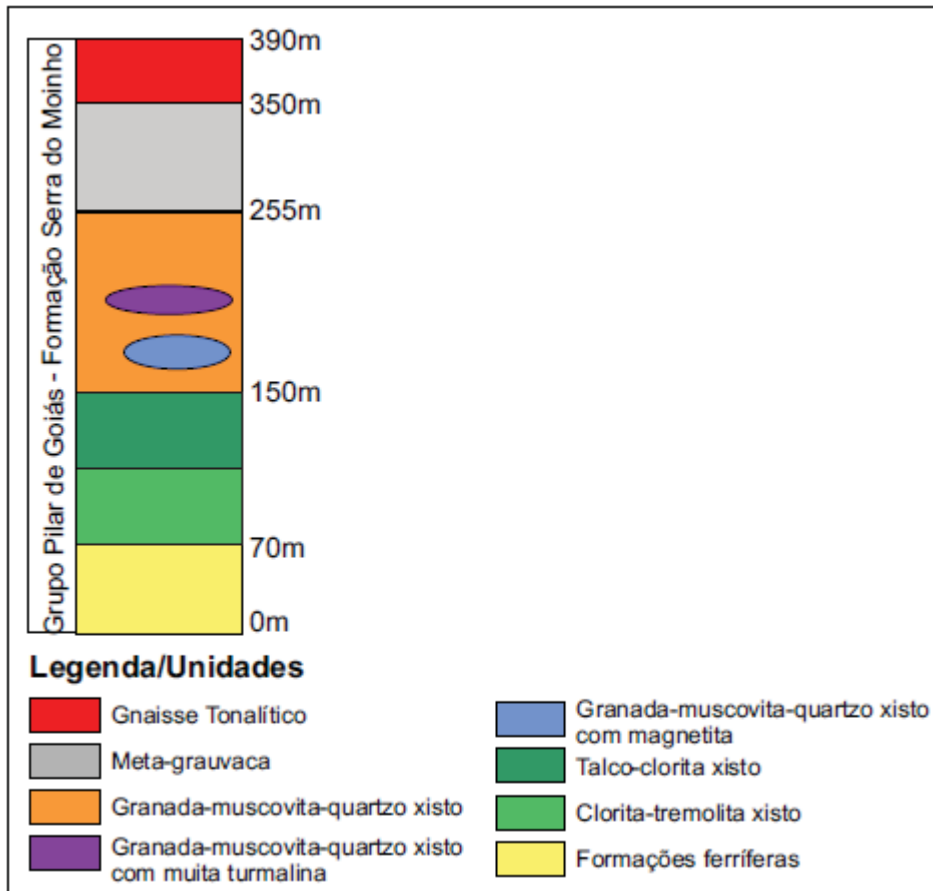
Em mapeamento que abrangeu a porção noroeste do *greenstone* de Pilar de Goiás, Jost *et al.* (2001) observou que o padrão estrutural da área, assim como nos outros dois *greenstones*, é dado pela variação da foliação metamórfica Sn paralela ao acamamento So, e possui variação entre sul e norte. No domínio sul as atitudes dominantes são NS30°E e NS50°W, resultantes de sucessão de antiformes e sinformes abertas desenhadas pela intercalação de rochas cálcio-silicáticas em metakomatiitos. A transição do domínio sul para o de norte ocorre mediante a progressiva e suave inflexão de Sn//So para NE até adquirir atitude média N40°E,50°NW. As dobras adquirem caráter fechado a isoclinal, são inversas e, no seu todo, o domínio se comporta como homoclinal mergulhante sob a Zona de Cisalhamento Mandinópolis.

Em sua tese, Queiroz (2000), divide as fases de deformação dessas supracrustais e complexos granito-gnissos em cinco: Dn-3, Dn-2 (arqueanas); Dn-1 (Paleoproterozóico); Dn, Dn+1 (neoproterozóicas). A primeira fase Dn-3, foi responsável pela geração da foliação metamórfica principal, Sn-3//So, e pelas primeiras inversões estratigráficas da área, colocando parte das supracrustais em posição normal e parte em posição inversa. Estruturas primárias preservadas, apontam para um metamorfismo heterogêneo da área, bem como o fato da inversão estratigráfica. A fase Dn-2 está intimamente ligada ao processo de ascensão dos corpos granitóides. Os dados geocronológicos indicam que a granitogênese, em geral, se estendeu de 2,84 Ga a 2,71 Ga e, portanto, teve uma duração de cerca de 130 Ma. Assim a idade de Dn-2 em cada *greenstone* pode ser diferente, implicando que essa fase seja diacrônica. Nas proximidades dos contatos dos três *greenstone belts* com os complexos adjacentes, Dn-2 é dada pela deformação de Sn-3//So em trajetória paralela ao contato com os diversos corpos de granitóides, sendo que em Pilar de Goiás é curvilínea com concavidade voltada para NE. O *greenstone belt* de Pilar de Goiás foi basculado em homoclinais mergulhantes para quadrantes de oeste, devido a ascensão do Complexo Hidrolina. A terceira fase de deformação Dn-1, gerou transporte das supracrustais mais jovens sobre o substrato arqueano, com vergência principal para norte, com progressão de caráter tangencial para direcional. A quarta fase de deformação Dn, resultou em transporte tangencial de NW para SE, em direção ao Cráton do São Francisco (evento de transporte do Grupo Araxá), e evoluiu para um regime direcional atribuído à última fase de deformação (Dn+1), que afeta as rochas do Grupo Araxá.

5. ESTRATIGRAFIA

As rochas encontradas na área formam um pacote muito heterogêneo com relação a litologia, com ampla variação lateral, totalizando cinco unidades, porém mantém homogeneidade em relação a direção e orientação do caimento. As camadas quase sempre possuem direção próxima a N-S, com caimento de baixo a médio ângulo para oeste, formando um homoclinal. Neste trabalho as unidades serão nomeadas informalmente pela rocha dominante, assim, tem-se o empilhamento exibido na Figura 5.1. Correlacionando estas unidades com a estratigrafia proposta por Jost e Oliveira (1991), tem-se que as rochas metassedimentares mapeadas na área, possivelmente correspondem a formação Serra do Moinho, que é composta por metasedimentos de origem terrígena. As unidades Meta-ultramáfica e Formações Ferríferas, podem corresponder a intercalações contidas nessas rochas metassedimentares. A seguir uma descrição e correlação com a bibliografia, mais detalhadas, das unidades mapeadas em campo.

Figura 5.1: Coluna Estratigráfica da área de estudo, com a estimativa da espessura das unidades

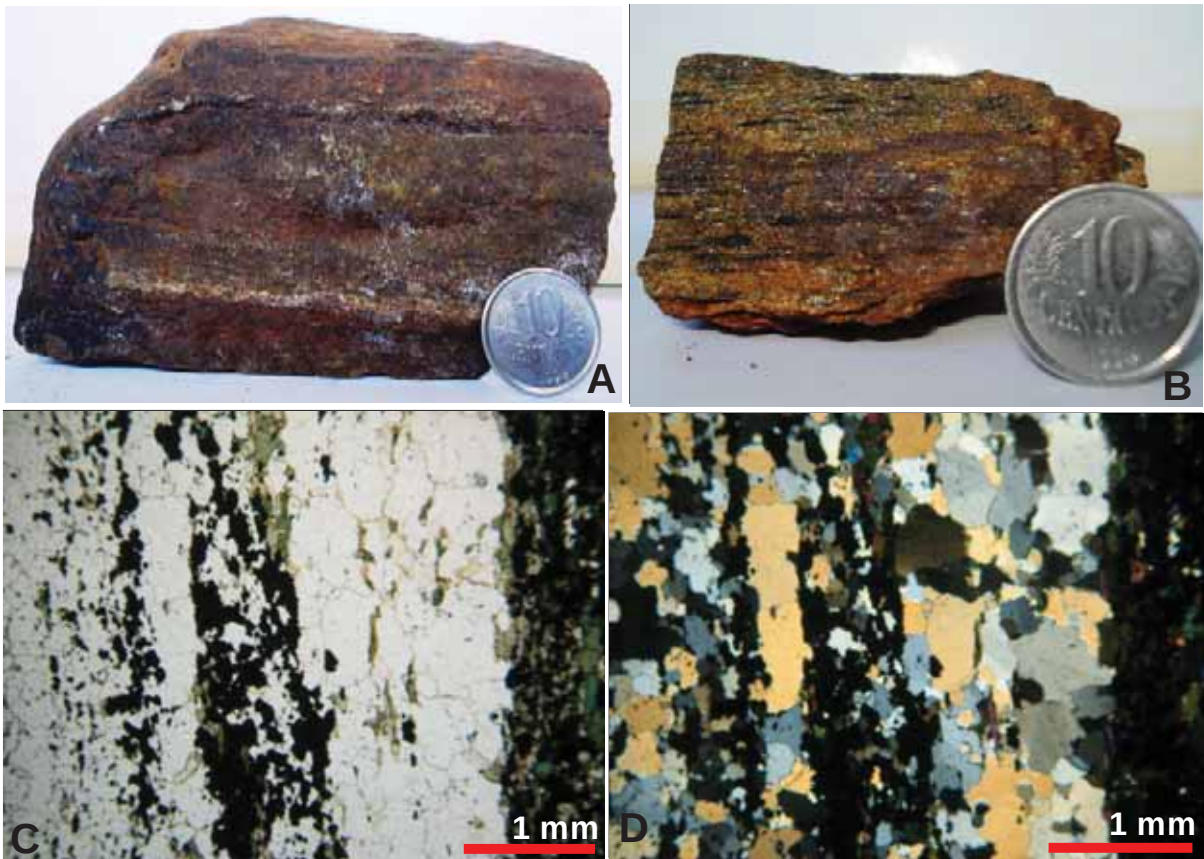


5.1 Descrição das Unidades

Formações Ferríferas: As formações ferríferas bandadas (BIF's) localizam-se no limite leste da área mapeada, fazendo contato a oeste com a unidade meta-ultramáfica. O único afloramento localiza-se ao sul da área, como corte de estrada (de terra) no extremo sudeste, e um pouco mais a nortedeste deste ponto, ocorrem alguns blocos rolados de BIF's. Nas porções centrais desta unidade não foi observado nenhum afloramento, apenas alguns poucos blocos quartzosos rolados. Na porção norte, de relevo plano e solo marrom tendendo a composição arenosa, foram encontradas partículas magnéticas presentes no solo, possivelmente são restos de magnetita.

A BIF possui estrutura bandada, com bandas de coloração clara (quartzo) alternando-se com bandas escuras (magnetita), e por vezes leitos de coloração verde acinzentado quando possui anfibólio em sua composição (Fig. 5.2-A). Frequentemente exibem porções avermelhadas oriundas de oxidação. O BIF é composto basicamente por quartzo e magnetita, porém, esta unidade apresenta fácies mais silicatadas, podendo compreender anfibólio em sua composição. Ao microscópio o anfibólio possui cor verde variando de tons, os cristais que exibem coloração verde mais pálida, a até mesmo incolor, são grunerita. Em análise microscópica de amostra de boa representatividade deste litotipo na área, obteve-se: 70% de quartzo, 25% de magnetita e 5% de anfibólio (Fig. 5.2-C). Os minerais ocorrem alongados segundo a foliação, com o quartzo e a magnetita conferindo o aspecto bandado da rocha, intercalando-se na forma de camadas de um milímetro de espessura. As camadas são compostas principalmente por quartzo, ora ricas, ora pobres em magnetita. As dimensões dos cristais estão em torno de um milímetro, com alguns atingindo dois milímetros. No sudeste da área, próximo ao contato com a unidade meta-ultramáfica, ocorrem BIF's de fácies mais silicatadas, com a amostra T-578-46, atingindo 68% de anfibólio, sendo que o mineral grunerita, é o anfibólio dominante neste caso.

Figura 5.2: **A:** Amostra de BIF exibindo as típicas cores desse litotipo na área mapeada, bem como o seu aspecto bandado, Ponto 181. **B:** Amostra de BIF de fácies silicatada de cor mais clara. Os anfibólios são representados pelas pequenas faixas descontínuas de coloração verde escura. Ponto 46. **C** (polaróides paralelos) e **D** (polaróides cruzados): Fotomicrografia evidenciando a mineralogia principal do BIF da área mapeada, composta por quartzo, magnetita e anfibólio, Lâmina T-578-181.



Meta-ultramáficas: As rochas meta-ultramáficas presentes na área podem ser divididas em dois litotipos: clorita-tremolita xisto, e localizado acima deste o talco-clorita xisto. A unidade meta-ultramáfica ocorre na porção leste da área, com o clorita-tremolita xisto em contato com os BIF's, e o contato a oeste com o granada-muscovita-quartzo xisto dado com o talco-clorita xisto. Essa unidade se estende como uma camada alongada com direção próxima a N-S, sendo que em sua porção central há uma pequena serra formada por essa unidade. O início desta serra (aumento da cota topográfica) marca o limite entre o granada-muscovita-quartzo xisto e o talco-clorita xisto. Nos domínios sul e norte o relevo é marcado por pequenos morrotes.

Os afloramentos do talco-clorita xisto ocorrem geralmente em cotas altas, próximas ao topo da serra, possuem rochas não muito alteradas e de cor esverdeada (Fig. 5.3-A). A

granulação é fina a média com foliação dada pelas placas de clorita, porém, as vezes, possuem estrutura isotrópica. Próximo ao limite com o granada-muscovita-quartzo xisto, ocorrem muitos blocos rolados de talco-clorita xisto, sempre com elevado grau de intemperização, possuindo cor marrom claro (Fig. 5.3-B). Mineralogicamente este litotipo é constituído quase que só por clorita magnésiana (incolor ao microscópio), apresentando quantidade ínfima de talco e rutilo. Próximo ao contato com o clorita-tremolita xisto, começa a ocorrer tremolita na composição do talco clorita xisto, o que marca a possível gradação do clorita tremolita xisto para o talco clorita xisto, devido a uma diferença na intensidade de hidratação na unidade meta-ultramáfica.

Figura 5.3: A: Amostra de rocha sã de talco-clorita xisto, com destaque para a estrutura xistosa dada pelas placas esverdeadas de clorita. Ponto 90, topo de pequeno morro. Em **B**, amostra representando o aspecto do talco clorita xisto quando já alterado.



Os afloramentos do clorita-tremolita xisto são escassos na área, sendo o limite deste com o talco-clorita xisto gradual. Nas proximidades do ponto 127 e extremo norte da área, encontraram-se alguns poucos afloramentos preservados, exibindo coloração verde claro a escuro e granulação fina a média (Fig. 5.4-A). No sul da área em corte de estrada, registrou-se ocorrência de blocos de clorita-tremolita xisto próximos a afloramento de BIF's, inferindo-se um contato destas unidades. Em análise microscópica, constatou-se o caráter ultramáfico deste litotipo, sendo ele composto basicamente por anfibólio magnésiano (Fig. 5.4-B) e quantidades variáveis de clorita magnésiana (0%; 15%; 42%), ambos incolores. A tremolita é o anfibólio dominante, no entanto na análise microscópica da amostra T-578-133, nota-se que a matriz da rocha era composta predominantemente por uma anfibólio magnésiano maciço de difícil identificação, de dimensões milimétricas. Rutilo, talco e apatita, cada um, não ultrapassam 2% da composição mineralógica.

Pontualmente, no extremo sul desta unidade, ocorre um afloramento de metachert, aflorando no leito de um pequeno córrego. O metachert é rico em fraturas e de extrema dureza, com uma capa de alteração de coloração marrom, sendo branco a cor da rocha fresca.

Figura 5.4: **A:** Amostra de clorita tremolita xisto razoavelmente intemperizada, exibindo coloração verde claro a escuro e granulação fina a média (Ponto 67). **B:** Fotomicrografia exibindo cristais de tremolita aciculares e orientados segundo Sn. Alguns são levemente esverdeados (Lâmina T-578-67).



Meta-grauvaca: Ocorre no limite oeste da área, como uma camada alongada de direção N-S, estendendo-se de ponta a ponta na área. A leste encontra-se limitado pelo muscovita-quartzo xisto. Seu contato com o gnaiss tonalítico é interpretado como concordante (Fig. 5.5-A), visto a foliação nas duas unidades ser a mesma, e não haver sinal de falhamento. O domínio sul desta unidade é recoberto por solos arenosos de cor marrom, e alguns blocos pequenos de veio de quartzo. A norte, próximo ao corpo de gnaiss, é onde se encontram os afloramentos dessa unidade, a maior parte exibem rocha sã.

A meta-grauvaca possui forte coloração acinzentada, devido ser composta predominantemente por cristais de plagioclásio e biotita de granulação fina. A estrutura é fortemente bandada, dada por intercalações de camadas sub-milimétricas de plagioclásio e biotita, com foliação muito bem marcada em uma direção. É comum a presença de vênulas milimétricas de quartzo orientadas segundo a foliação, ou veios maiores menos comumente (Fig. 5.5-B). Localmente, verificou-se ao norte da área, próximo ao contato com o muscovita-quartzo xisto, a presença de dobramentos.

Figura 5.5: **A:** Afloramento de meta-grauvaca em contato com bloco de gnaiss tonalítico preso ao chão, ponto 195. **B:** Meta-grauvaca evidenciando seu forte bandamento e coloração cinza, com veio de quartzo orientado N-S. **C** (polaróides paralelos) e **D** (polaróides cruzados): Fotomicrografia exibindo textura lepidoblástica e forte foliação da meta-grauvaca. Com biotita, plagioclásio e quartzo formando a matriz. Na porção central veio de quartzo orientado segundo a foliação (Lâmina T-578-195).



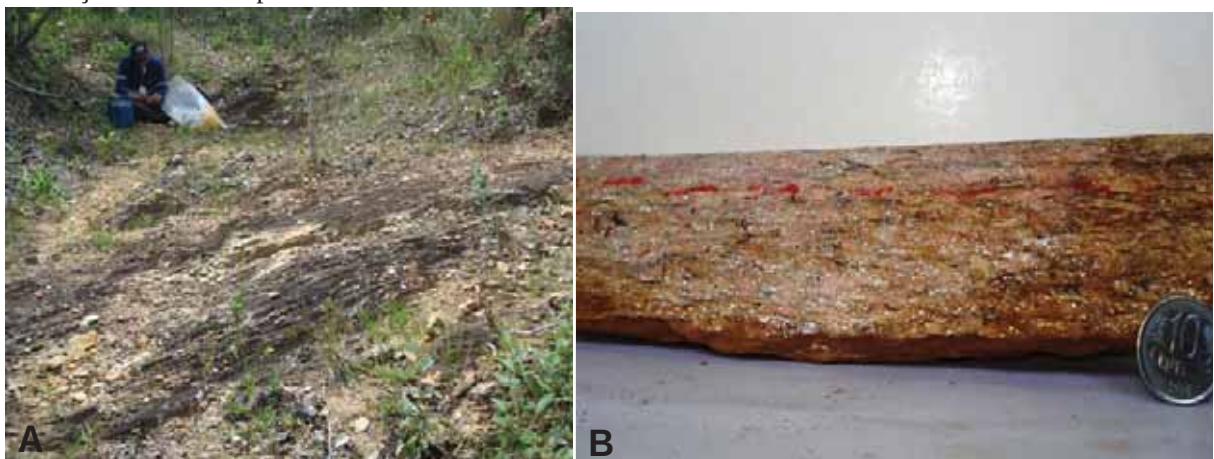
Foram analisadas duas secções polidas, observou-se a seguinte mineralogia: plagioclásio em torno de 50%, biotita entre 30% e 40%, quartzo entre 5% e 10%, epidoto em torno de 4%, opacos em torno de 5% e 2% de carbonato em uma das secções. A biotita tem dimensões pouco maiores que as do plagioclásio, raramente ultrapassando um milímetro, exibe cor marrom e pleocroísmo (Fig. 5.5-C). O quartzo é anedral sub-arredondado a anguloso de granulação fina, por vezes possuindo contatos trigonais. Quando contidos em veios, os cristais chegam a até dois milímetros, sendo constada a presença de carbonato em um dos veios. O epidoto, possui hábito granular (0,2 milímetros aproximadamente), é incolor e encontra-se disperso pela lâmina.

Próximo ao contato com o gnaiss tonalítico, ocorre pontualmente um afloramento de metachert. Com características semelhantes as do descrito na unidade Meta-ultramáfica.

Granada muscovita quartzo xisto: É a unidade predominante da área, localiza-se na porção central da mesma formando uma camada alongada de direção NS. É limitada a oeste pela unidade meta-grauvaca e a leste pela meta-ultrabásica. O limite a leste é bem marcado em campo, por um aumento na cota topográfica quando do início do talco clorita xisto (compõe a unidade meta-ultrabásica), implicando em uma quebra de relevo. Os afloramentos do granada muscovita quartzo xisto são abundantes e de variadas dimensões, por vezes ocorrendo em fundos de drenagens. Os afloramentos possuem frequentemente possuindo uma fina capa de alteração de cor marrom.

A foliação nesse litotipo é dada pela orientação do quartzo e mais evidentemente da muscovita, sendo que o primeiro sempre ocorre em maior quantidade. O quartzo e a muscovita costumam estruturar-se na forma de bandas sub-milimétricas a milimétricas intercaladas, sem no entanto, possuir nítido limite mineralógico entre as bandas. As cores características do muscovita quartzo xisto são tons claros de amarelo e branco, quando alterado exibe cor amarronzada (Fig. 5.6). Raramente a muscovita possui coloração verde clara. Os cristais de quartzo e muscovita são finos a médios, com o quartzo sendo levemente maior.

Figura 5.6: A: Afloramento de granada-muscovita-quartzo xisto exibindo uma fina capa de alteração intempérica de cor marrom, ponto 57. **B:** Amostra de granada-muscovita-quartzo xisto com sua típica coloração e estrutura planar.



Na grande maioria dos casos este litotipo apresenta granada em sua mineralogia, esta, geralmente, possui as maiores dimensões entre os minerais presentes, podendo atingir mais de 5 mm. Frequentemente a granada mostra-se alongada segundo a foliação (Fig. 5.7 -A). A presença de turmalina (granulação fina) nesta unidade também é muito comum, ocorrendo

como prismas individuais de granulação fina, exceto no sul da área, e extremo norte. Na região central ocorrem pequenos blocos dessa unidade contendo turmalina em abundância, conferindo tons escuros na forma de leitos na rocha. Em uma análise microscópica realizada, constatou-se 15% de turmalina na composição da lâmina (Fig. 5.7-B). A granada costuma ocorrer em maior quantidade com o incremento de turmalina na composição deste litotipo. Ao norte, no Ponto 218, ocorre de forma pontual, blocos rolados de veios repletos de turmalina, com alguns chegando a ser totalmente negros. Vê-se finos cristais prismáticos de turmalina (isotrópicos) compondo a maior parte dos veios, juntamente com o quartzo.

Vênulas e veios de quartzo ocorrem abundantemente e em várias escalas, milimétricas (Fig. 5.7-C e D) a métricas, principalmente no domínio central desta unidade. Os maiores veios estão presentes como matacões alinhados, possuindo direção próxima a N-S. Na maior parte dos casos são de aspecto leitoso, podendo tender mais para uma aparência de cor vítreo. Encontram-se blocos de veio rolados contendo finos cristais de turmalina, próximos a região central da área. Vênulas de quartzo também são muito comuns nesta unidade, ocorrendo principalmente nas encaixantes dos veios e na mesma direção que a foliação. Próximo ao limite sul da área ocorrem pontualmente intercalações decimétricas de xisto grafitoso no granada muscovita quartzo xisto.

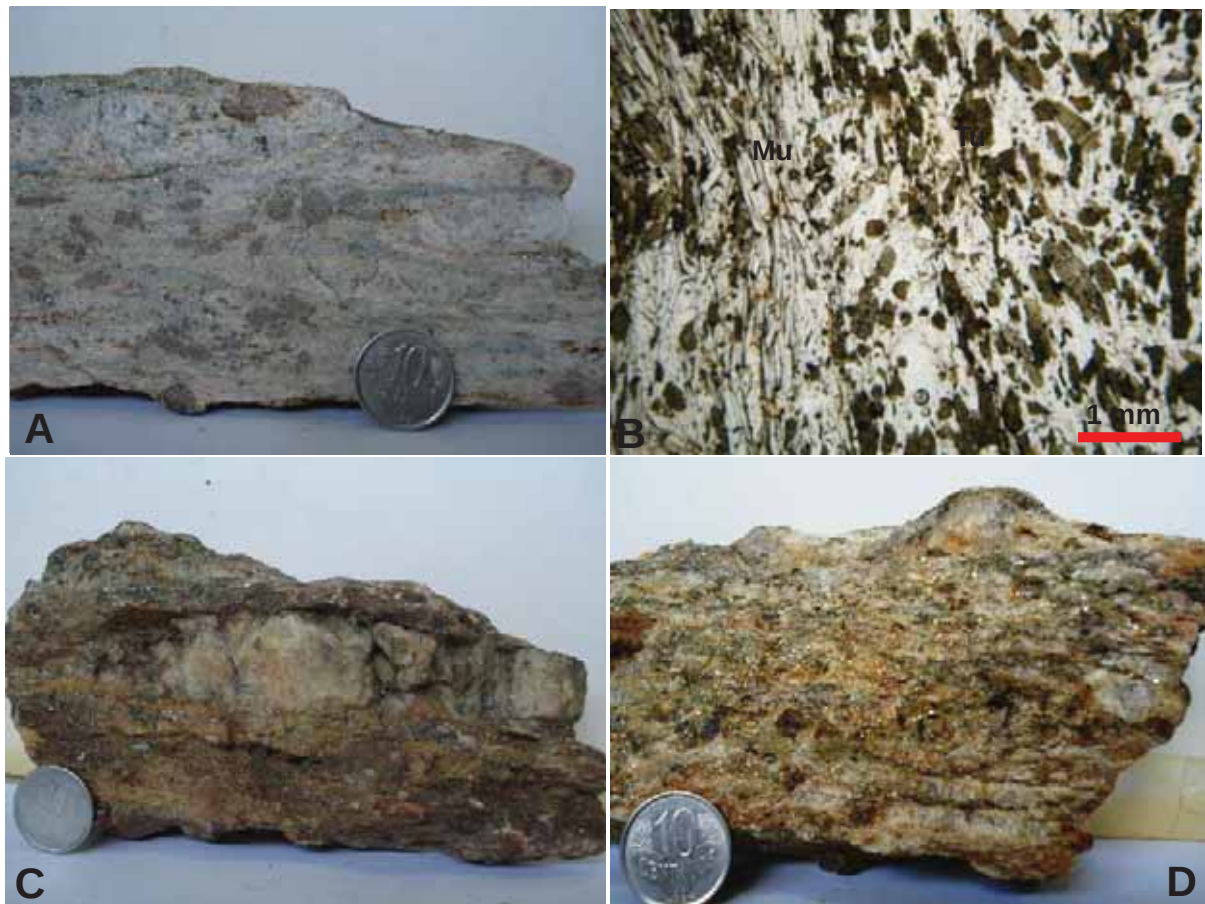
No granada muscovita quartzo xisto há a presença de outros minerais que ocorrem com menor frequência e pouca quantidade, são: Clorita, ilmenita, magnetita e biotita. A clorita só é observada microscopicamente, e está presente como mineral de retrometamorfismo da granada. A ilmenita e a magnetita, ambas com propriedade magnética, são observadas e diferenciadas na maioria das vezes via análise microscópica, visto que ocorrem pobremente e em grãos sub-milimétricos, e nem sempre é possível detectar o magnetismo desses minerais em campo. Biotita presente nesta unidade foi observada pontualmente ao sul da área.

Foram analisadas microscopicamente cinco amostras desta unidade, segundo essas análises obteve-se que o granada muscovita quartzo xisto mostrou-se razoavelmente homogêneo com relação a mineralogia, apresentando percentagens de quartzo quase sempre em torno de 55%, e muscovita em média representando 33%. A granada perfaz aproximadamente 7%, turmalina 1%, clorita 3% e os opacos variam entre 1% a 4%.

Nas análises microscópicas pôde-se constatar que o quartzo é anedral, com variação de dimensões sub-milimétricas a milimétricas (máximo 2 mm), com um caso, mostrando cristais atingindo até 5 mm. A muscovita é incolor, possui hábito semi-tabular e dimensões pouco menores que as do quartzo. Constatou-se que a granada presente na área é rica em ferro,

exibindo cor levemente rosada quando não alterada. Porém, o mais comum é observá-la com porções muito alteradas para hidróxido/óxido de ferro, e esporadicamente com clorita associada (indicando retrometamorfismo).

Figura 5.7: **A:** Amostra evidenciando os cristais de granada de cor levemente rosada, algumas alongadas segundo a foliação, ponto 163. **B:** Fotomicrografia (polaróides paralelos) de lâmina contendo grande quantidade de turmalina, estando orientada juntamente com a muscovita (Mu: muscovita; Tu: turmalina). Lâmina T-578-155. **C e D:** Amostras de granada-muscovita-quartzo xisto exibindo vênulas e veios de quartzo de diferentes dimensões, Ponto 163.



Gnaiss tonalítico: É a unidade de menor representatividade da área, aflorando no limite noroeste da mesma. O gnaiss corresponde a um pequeno corpo intrusivo, de formato oval com maior eixo orientado segundo N-S, sendo inteiramente rodeado pela meta-grauvaca. Este litotipo aflora principalmente nos leitos de um pequeno córrego, com pouca água escoando, exibe cor escura devido a uma fina capa de alteração oriunda de intemperismo (Fig. 5.8-A).

As rochas deste litotipo apresentam-se pouco intemperizadas, são leucocráticas e possuem a mesma foliação do restante da área, sendo esta, evidenciada principalmente pelos

cristais de muscovita. Os cristais de plagioclásio são de granulação média e cor branca, entre eles observam-se cristais finos a médios de muscovita incolor nitidamente orientados, como mostra a Figura 5.8-B. Por vezes, tem-se a presença de cristais médios a finos de granada, de coloração vermelho escuro. É comum a presença de vênulas e veios de quartzo, geralmente concordante com a foliação, alguns chegam a ser grossos, centimétricos. Há também muitos blocos de veio rolados nas proximidades dos afloramentos.

Figura 5.8: **A:** Afloramento do gnaiss tonalítico apresentando cor escura devido a fina capa de alteração intempérica, ponto 31. **B:** Foto de amostra do gnaiss tonalítico, as pequenas faixas escuras e orientadas são cristais de muscovita.



Em análise microscópica de uma amostra, obteve-se a seguinte mineralogia: plagioclásio (60%), feldspato potássico (6%), quartzo (28%), muscovita (6%) e traços de apatita. Os feldspatos possuem ambos hábito semi-tabular, com o plagioclásio apresentando dimensões pouco maiores que o feldspato potássico, as dimensões variam entre um a cinco milímetros. O quartzo possui cristais sub-milimétricos, de contatos retos e predominantemente trigonais. A muscovita é tabular com dimensões em torno de um milímetro, porém, quando ocorre entre os contatos dos outros minerais, costuma exibir forte anisotropia e menores dimensões.

5.2 Interpretação das Unidades

As unidades metassedimentares Granada muscovita quartzo xisto e Meta-graúvaca, são tidas como sedimentos terrígenos que foram depositados em ambiente marinho, e posteriormente metamorfisados.

Pelo fato de ocorrência de camadas de xisto carbonoso no granada muscovita quartzo xisto, e levando em consideração a descrição das supracrustais de topo em Pulz (1995): “o topo das supracrustais de Pilar de Goiás, é constituído por muscovita xistos quartzosos, por vezes ricos em granada, que se interdigitam com muscovita quartzitos e meta-graúvacas”. Além disso, a ausência de sedimentação química nessas duas unidades (exceto por uma ocorrência pontual de metachert na unidade meta-graúvaca), crê-se que estas unidades pertençam à formação Serra do Moinho.

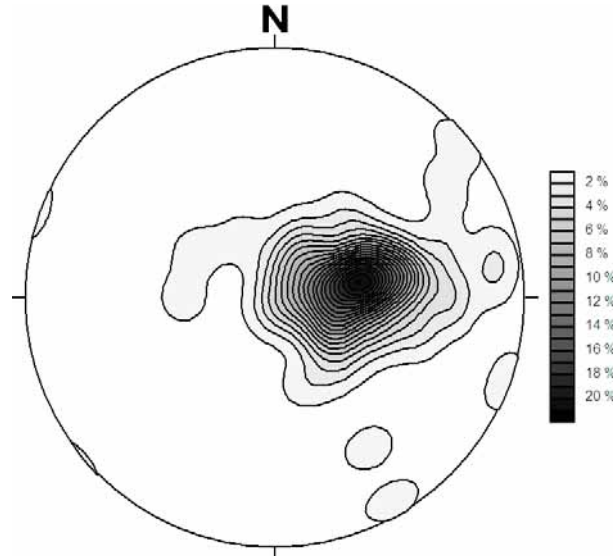
Com relação as unidade Meta-ultramáficas e Formações Ferríferas, estas são consideradas como intercalações nos metassedimentos da formação Serra do Moinho. As rochas ultramáficas são interpretadas como recorrências eruptivas esporádicas que ocorreram no período de sedimentação do *greenstone*. A exemplo do *greenstone belt* de Crixás, onde Kuyumjian (1981) individualizou a Unidade Ultramáfica Superior, também considerada como intercalações nas rochas metassedimentares da Formação Ribeirão das Antas (topo do *greenstone*). Hoje conhecida como “Seqüência Mina Inglesa”, esta unidade é composta por rochas meta-ultramáficas com intercalações de metachert, formação ferrífera e xistos carbonosos.

A unidade Gnaiss tonalítico é interpretada como sendo parte das intrusões granitóides que ocorreram na região após a deposição da sequência metassedimentar.

6. GEOLOGIA ESTRUTURAL

Na área mapeada foram identificadas várias estruturas de caráter dúctil, principalmente, provenientes provavelmente de dois estágios de deformação. Foi identificada uma foliação denominada neste trabalho de S_n , com atitude preferencial N10W/28SW (fig. 6.1), a qual se faz presente por toda a área, sendo reconhecida principalmente nas unidades granada-muscovita-quartzo xisto e metagraúvaca. Placas de muscovita orientadas entre camadas de quartzo evidenciam a foliação S_n , ou biotita orientada no caso da meta-graúvaca. Nos BIF's é possível verificar que S_n e S_o são paralelos, visto os minerais (anfíbólio e magnetita principalmente) estarem orientados paralelamente às camadas deposicionais.

Figura 6.1: Estereograma de contorno das medidas da foliação Sn da área mapeada (92 medidas).



Próxima ao limite leste da área estende-se com direção N-S uma pequena serra constituída pela unidade Meta-ultramáfica. No topo da serra (fig. 6.2), foi encontrada uma pequena charneira com estrutura de antiforme isoclinal. Com atitude do plano axial aproximadamente N-S, com caimento de médio ângulo para oeste. Não foram observadas na área dobras de médio ou grande parte, tão pouco indícios de falhamento. As camadas se comportam como um homoclinal com caimento de baixo a médio ângulo para oeste, por vezes apresentando a foliação Sn sendo dobrada por pequenas dobras abertas pós-Dn.

Figura 6.2: A esquerda, foto de uma charneira pertencente a unidade meta-ultramáfica, localizada no topo da serra. Trata-se de uma estrutura antiformal isoclinal. A direita estruturas semelhantes, porém não tão evidentes. Ponto 238.

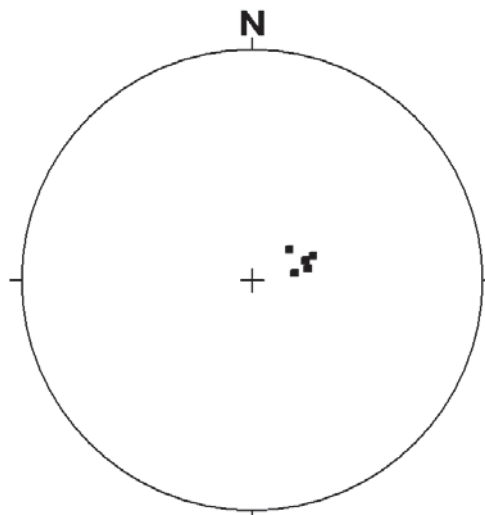


Nas unidades granada-muscovita-quartzo xisto e meta-grauvaca principalmente, há a presença de dobras pós-Dn, abertas e de pequena escala, possuindo dimensões em torno de um centímetro ou menor (fig. 6.3). Essas dobras são interpretadas como dobras pós-Dn, visto estarem dobrando a foliação Sn, e a medida da superfície envoltória apresentar atitude preferencial de N20W/18SW (fig. 6.4), atitude muito semelhante a de Sn. A atitude do plano axial das dobras Dn+1 é em média próximo a NS com caimento de 65° a sub-vertical para leste.

Figura 6.3: **A:** Afloramento de granada-muscovita-quartzo xisto, com detalhe para as dobras Dn+1, de características aberta e pequena escala, ponto 15. **B:** Meta-grauvaca localizada no córrego ao sul da área, figura evidenciando as dobras Dn+1, ponto 189.



Figura 6.4: Estereograma com medidas do pólo do plano da superfície envoltória das dobras pós-Dn das unidades granada-muscovita-quartzo xisto e meta-grauvaca (5 medidas).



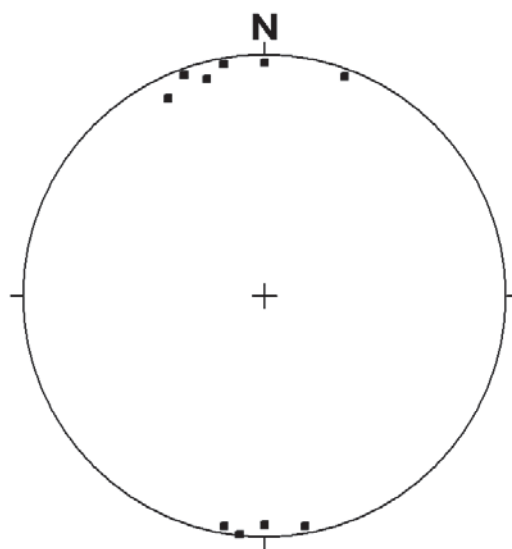
Além das dobras D_{n+1} , pontualmente ocorrem uma série de dobras superpostas em afloramento da unidade meta-grauvaca, como mostra a figura 6.5:

Figura 6.5: Afloramento de meta-grauvaca contendo dobras supepostas umas as outras. (ponto 228).



Na área ocorrem algumas feições lineares, sendo representados justamente pelos eixos das dobras pós- D_n . Possuem atitude preferencial N10W/4, com caimento variando entre norte e sul, como mostra a figura 6.6.

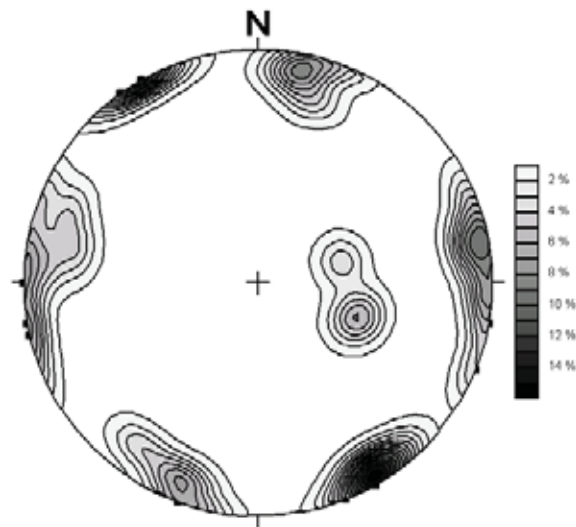
Figura 6.6: Estereograma dos lineamentos encontrados nas unidades granada-muscovita-quartzo xisto e meta-grauvaca. Os lineamentos correspondem aos eixos de dobras das dobras pós- D_n (10 medidas).



Com relação às estruturas rúpteis na área mapeada, foram observadas e medidas no total quatro famílias de fraturas (fig. 6.7), no entanto nenhuma falha foi encontrada. Com

exceção da unidade Meta-Ultramáfica, as fraturas se fazem presentes em todas as outras unidades. Das quatro famílias, a que ocorre preferencialmente possui atitude N60E/VERT, com as outras famílias possuindo atitudes: N65W/VERT, N5W/VERT e N10/45. As estruturas rúpteis são consideradas oriundas de estágio deformacional posterior ao que originou as estruturas dúcteis.

Figura 6.7: Estereograma de contorno dos pólos de planos das medidas estruturais das fraturadas encontradas na área mapeada (31 medidas).



7. METAMORFISMO

Pelos resultados das análises microscópicas, interpreta-se o metamorfismo da área como sendo do tipo regional e bem homogêneo, com exceção de apenas um ponto, no qual as condições metamórficas foram de temperaturas mais elevadas.

A seguir são descritas as evidências mineralógicas que permitem indicar as fácies metamórficas das rochas da área de estudo.

Granada-muscovita-quartzo xisto: A mineralogia principal deste litotipo o próprio nome já diz, no entanto também é comum a presença de turmalina e clorita, e menos comumente ilmenita e magnetita. A mineralogia principal possui granulação fina a média, já, os outros minerais citados são sempre sub-milimétricos.

A ilmenita (principalmente) e a magnetita formam cristais alongados segundo a foliação, não havendo sinais que sejam oriundas de uma fase posterior a da foliação Sn. A

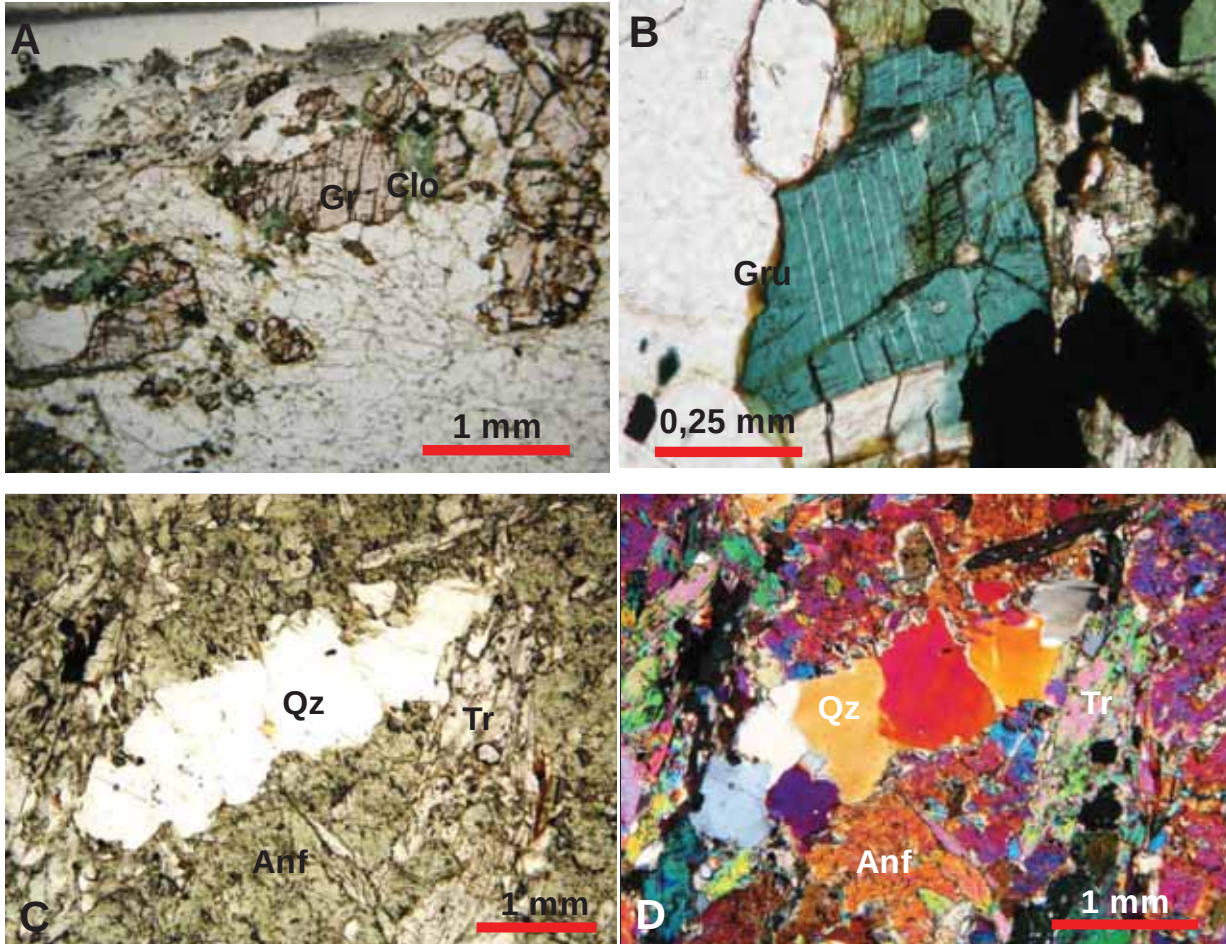
clorita de cor esverdeada, ocorre na maioria dos casos substituindo porções dos cristais de granada (Fíg. 7.1-A), evidenciando retrometamorfismo. Na região central desta unidade ocorre turmalina em abundância, estando os cristais seguindo a foliação e formando pequenas bandas. Tal fato sugere que estas rochas estariam próximas a condutos hidrotermais associados a atividades vulcânicas, na época da deposição dos sedimentos em ambiente marinho.

Segundo Yardley (1994), a associação mineralógica para rochas pelíticas de baixo grau metamórfico na fácies xisto verde, zona da granada é composta por granada+biotita+clorita+muscovita+quartzo+albita+epidoto+cloritóide. A paragênese encontrada nesta unidade é granada+muscovita+quartzo+turmalina, sendo esta uma associação típica de fácies xisto verde alto, porém também é possível que pertença a fácies anfibolito. Mas, considerando o trabalho de Jost *et al.*, (2001), que define o metamorfismo como sendo de fácies xisto verde alto para a porção noroeste do *greenstone belt* de Pilar de Goiás, admiti-se que a paragênese encontrada na unidade granada muscovita quartzo xisto seja pertencente à fácies xisto verde alto zona da granada.

Formações Ferríferas: As formações ferríferas encontradas são compostas mineralogicamente por quartzo, grunerita e magnetita. Estes são provenientes, do metamorfismo de sedimentos silicosos ricos em ferro, precipitados em ambiente marinho.

O quartzo e a magnetita não são minerais que podem ser tomados como parâmetro para se identificar o grau de metamorfismo, pois ambos podem estar presentes em ampla gama de condições metamórficas. Desse modo, toma-se a grunerita como mineral diagnóstico. Com base em Klein (2005), a grunerita também pode correr em ampla gama de condições metamórficas, porém, no caso de BIF's, a grunerita é mais abundante em grau médio, entre as temperaturas de 500°C a pouco mais de 600°C. A julgar pela temperatura, crê-se que o metamorfismo foi entre fácies xisto verde alto a anfibolito baixo.

Figura 7.1: **A:** Fotomicrografia exibindo cristais de granada sofrendo retrometamorfismo, sendo alterados para clorita, como mostram as bordas verdes da granada (Gr-granada; Clo-Clorita). **B:** Fotomicrografia exibindo cristal de anfibólio com desmisturação, evidenciada pelas pequenas faixas brancas em meio a cor verde do anfibólio (Lâmina T-578-181). **C e D** (polarizadores cruzados): Fotomicrografia exibindo estrutura isotrópica do Anfibólio-fels, e seus minerais: Anfibólio indefinido e de aspecto maciço (Anf); Tremolita (Tr) e quartzo (Qz) (Lâmina T-578-133).



No entanto, na análise microscópica T-578-181, observou-se que vários cristais de anfibólio de coloração verde, estavam marcados por pequenas faixas brancas (Fíg. 7.1-B), evidenciando que ocorreu desmisturação. Para que ocorra essa desmisturação é necessário que esse anfibólio tenha se cristalizado a temperaturas superiores a 700°C, permitindo que elementos como Fe, Ca e Mg ocupassem lugares semelhantes na estrutura atômica do anfibólio. Com a posterior queda de temperatura, esses elementos se deslocam dos lugares em que nas condições anteriores de P e T eram estáveis, sendo o resultado dessa migração dos elementos a desmisturação, com formação de um novo mineral (cummingtonita). A cummingtonita surgiu pela desmisturação do anfibólio de cor verde, e é representada pelas pequenas faixas brancas. Esse metamorfismo com temperatura mais alta, pode ter ocorrido devido ao calor emanado de algum corpo intrusivo na área, causando metamorfismo de

contato, a exemplo das intrusões granitóides que ocorrem nas supracrustais do *greenstone* na região Pilar de Goiás-Hidrolina (Pulz, 1995).

Gnaiss tonalítico; Meta-graúvaca; Meta-ultramáficas: Essas unidades não possuem minerais diagnósticos para se interpretar com certo grau de precisão as fácies metamórficas, à que foram submetidos os litotipos. No entanto seguem as descrições das paragêneses dessas unidades.

O gnaiss tonalítico apresenta em sua única secção polida a seguinte mineralogia: plagioclásio+quartzo+microclínio+muscovita. Mineralogia esta que pode ser encontrada em ampla variação de condições de P-T, como visto em Bucher (1994): “Devido aos seus constituintes principais (feldspato alcalino, plagioclásio, quartzo, biotita, muscovita e hornblenda), presentes em ampla grade de condições de P-T, os granitóides não costumam serem úteis como indicadores metamórficos”.

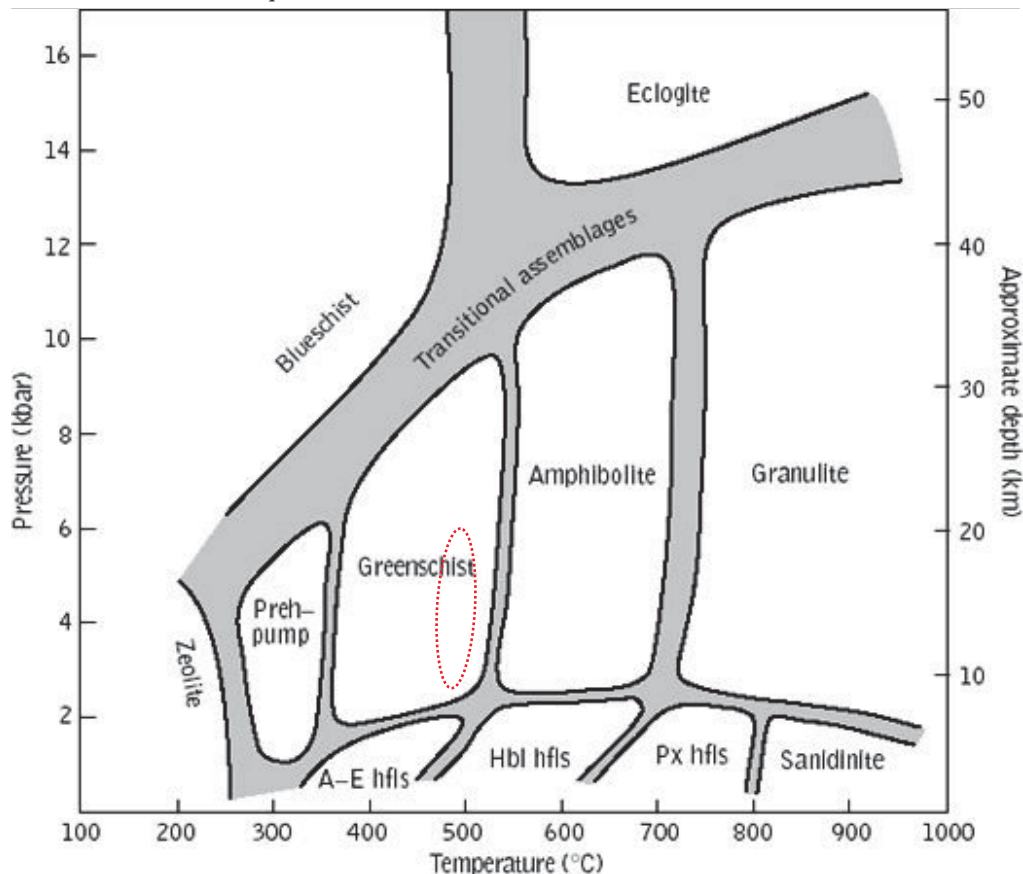
No gnaiss tonalítico são observados sinais de albitização no microclínio, como também o quartzo frequentemente possui contatos trigonais, indicando recristalização.

Nas rochas meta-ultramáficas a paragênese encontrada foi: clorita+tremolita+rutilo. A qual também pode ocorrer em ampla condições de P-T, não sendo útil na identificação do grau metamórfico. As meta-ultramáficas também continham pequenas quantidades de talco, indicando talvez, retrometamorfismo da clorita e da tremolita. A amostra T-578-133 mostra-se diferente do restante das rochas dessa unidade, exibindo estrutura isotrópica e aspecto maciço. Em análise microscópica constatou-se a presença de tremolita prismática, de um anfibólio de difícil identificação e pouco quartzo (Fig. 7.1-C). Esse anfibólio tem seus cristais anedrais, formando uma massa de cor verde muito claro, a qual perfaz a maior parte da lâmina. Este mineral é provavelmente oriundo de uma fase tardia, formado em temperatura acima da temperatura do metamorfismo regional. A rocha foi classificada como anfibólio-fels, sendo um provável produto de metamorfismo de contato.

A meta-graúvaca possui na sua composição mineralógica plagioclásio, biotita, quartzo e epidoto. O plagioclásio (sub-milimétrico) é zonado, não apresentando geminação. O epidoto por fazer contato com todos os outros minerais da meta-graúvaca, deve pertencer a paragênese plagioclásio+biotita+quartzo+epidoto. Não sendo oriundo de retrometamorfismo ou de origem via fluídos. Essa paragênese está entre as fácies metamórficas xisto verde e anfibolito. Não sendo possível definir em qual das duas, com os dados disponíveis.

Diagrama P x T: A julgar pela paragênese granada+turmalina+muscovita+quartzo, da unidade Granada muscovita quartzo xisto, que corresponde a fácies xisto verde alto zona da granada, e pela presença de grunerita nas formações ferríferas, indicando fácies entre xisto verde alto e anfibolito baixo. É cabível que o metamorfismo atuante na área seja do tipo regional e de fácies xisto verde alto zona da granada. As outras unidades que não possuem associações mineralógicas que permitam uma classificação mais exata, consideradas como de metamorfismo semelhante as unidades Granada muscovita quartzo xisto e Meta-graúvaca, por estarem muito próximas umas das outras. A Figura 7.2 abaixo mostra um diagrama P x T, com as condições de pressão e temperatura da área de estudo destacadas.

Figura 7.2: Diagrama de P x T indicando as condições de metamorfismo que foram atuantes na área de estudo.



Fonte: Yardley (2004)

8. ALTERAÇÕES HIDROTERMAIS

Em muitos tipos de depósitos, a ação de fluídos hidrotermais é em grande parte responsável pela mineralização e formação de novos minerais, a partir da reação do fluído com a rocha que ele percola. O contato do fluído com a rocha se dá através de planos de fraqueza, os quais podem ser representados por zonas de cisalhamento, falhas, zonas charneiras, entre outros. O fluído hidrotermal tende a migrar para estes planos devido a pressão ser menor nestes locais. Enquanto percola a rocha, o fluído, que pode conter metais em solução, precipita estes metais, formando os minérios e os corpos mineralizados.

Os precipitados formam minérios que sempre estão associados, espacial e geneticamente, às zonas onde as rochas são alteradas pelos fluídos. São as “zonas de alteração hidrotermal”, caracterizadas por terem diferentes minerais formados por processos hidrotermais, que alteram os minerais já existentes na rocha antes da percolação do fluído. Assim, é de extrema importância o entendimento e caracterização, dessas zonas de alteração hidrotermal presentes nos depósitos.

Como exemplo, veremos os depósitos Jordino, Três Buracos e Cachoeira de Ogó, localizados no *greensonte-belt* Pilar de Goiás, os quais tiveram suas mineralizações auríferas oriundas de processos hidrotermais. Os dois primeiros baseando-se em Carvalho (1999) e o último em Pulz (1995).

A litologia do depósito de Jordino é constituída por pacotes de carbonato-sericita xistos feldspáticos intercalados com xistos carbonosos e cortados por veios de quartzo. Por sua vez, a zona mineralizada está associada a veios de quartzo enriquecidos em sulfetos (galena, pirita, arsenopirita, esfalerita) com processos de alteração hidrotermal, incluindo sericitização, silicificação, carbonatação e sulfetação.

Com relação ao depósito de Três Buracos a estratigrafia é constituída por clorita xisto, biotita carbonato xisto, anfibólitos xistos feldspáticos com intercalações de gonditos, filitos carbonosos, localmente ricos em carbonato e lentes de talco xisto, e clorita biotita carbonato quartzo xistos bandados e encaixantes da mineralização. A estrutura principal da área está condicionada a um mega sinclínório fechado a isoclinal. O espessamento da charneira e a mobilização de fluídos para esta zona parecem controlar a distribuição dos níveis mineralizados, sendo que os principais processos de alteração hidrotermal são a carbonatação, sericitização, silicificação, sulfetação e turmalinização. Neste depósito há a presença de pelo menos dois tipos de minério: relacionado a veios e vênulas de quartzo, sendo arsenopirita e

pirita os sulfetos principais, e outro relacionado a disseminação de sulfetos em xistos carbonosos.

No caso do depósito Cachoeira de Ogó, a distribuição do minério é condicionada por *saddle reefs* e charneiras de dobras recumbentes, que deformam rochas vulcanoclásticas, exalitos, pelitos e filitos carbonosos metamorfisados. A interação fluído/rocha, que ocorreu durante e após o cisalhamento na área, teve como processos de alteração a carbonatação, sulfetação, turmalinização, sericitização, epidotização e biotização.

8.1 Alterações Hidrotermais Atuantes na Área de Estudo

Durante os trabalhos de campo, mereceu especial atenção, sempre que presente, feições indicativas de alterações hidrotermais, com o intuito de se identificar possíveis halos de alteração hidrotermal.

Nesse sentido considera-se que os veios de quartzo (escala métrica) contidos na unidade granada muscovita quartzo xisto, representam a principal evidência de atuação desses processos, pelo menos em superfície. No entanto, não estão presentes juntos ao veio e nem às encaixantes dos veios, outros minerais de alteração hidrotermal relacionados aos veios, tais como sericita e clorita. O que se observa frequentemente, são pequenos espaços vazios, chamados de “locações” nesse trabalho, com dimensões que não ultrapassam um ou dois milímetros, presentes nos veios de quartzo e nas unidades granada muscovita quartzo xisto (Fíg. 8.1-A) Essas locações provavelmente abrigaram minerais sulfetados, como pirita e arsenopirita, os quais foram lixiviados em superfície, em maiores profundidades é possível que tenham sido preservados. Verificou-se também que sempre próximo aos veios a quantidade de vênulas de quartzo nas rochas aumenta significativamente.

Essas locações também podem ser observadas nas unidades metaultramáficas e formações ferríferas (Fíg. 8.1-B). Nas meta-ultramáficas as locações constantemente possuem coloração alaranjada em suas bordas, levando a crer na existência passada de arsenopirita nessa unidade. Reforçada pelo fato de haver sido detectada geoquimicamente uma anomalia de arsênio, que se sobrepõe à unidade meta-ultramáfica principalmente, e em parte às unidades adjacentes a meta-ultramáfica (Fíg. 8.6).

Além da silicificação, como produto de alteração hidrotermal, apenas foram identificados pontualmente na área, turmalinização e carbonatação. Blocos de veios repletos de cristais prismáticos de turmalina se fazem presente na unidade granada muscovita quartzo

xisto, no ponto 218 (Fíg. 8.2). Os blocos de veios são formados por quartzo e turmalina, geralmente são de cor negra devido a abundância de turmalina. Os cristais se encontram sem orientação, e por vezes vênulas de quartzo fazem parte da estrutura desses veios, cortando-os.

Figura 8.1: **A:** Destaque para as locações no topo da amostra de BIF (Ponto 181). **B:** Locações de possíveis cristais de sulfeto em amostra de granada muscovita quartzo xisto com turmalina e magnetita (Ponto 163).



Figura 8.2: Bloco de veio de quartzo enriquecido em turmalina prismática e sem orientação (Ponto 218).



Em análise microscópica da lâmina T-578-195, pertencente a unidade metagraúvaca, foi observado a presença de carbonato em pequena quantidade (2%) na forma de veios e cristais dispersos na matriz. O veio possui direção concordante a foliação e é composto principalmente por quartzo, com quantidade pequena de carbonato (Fíg. 8.3).

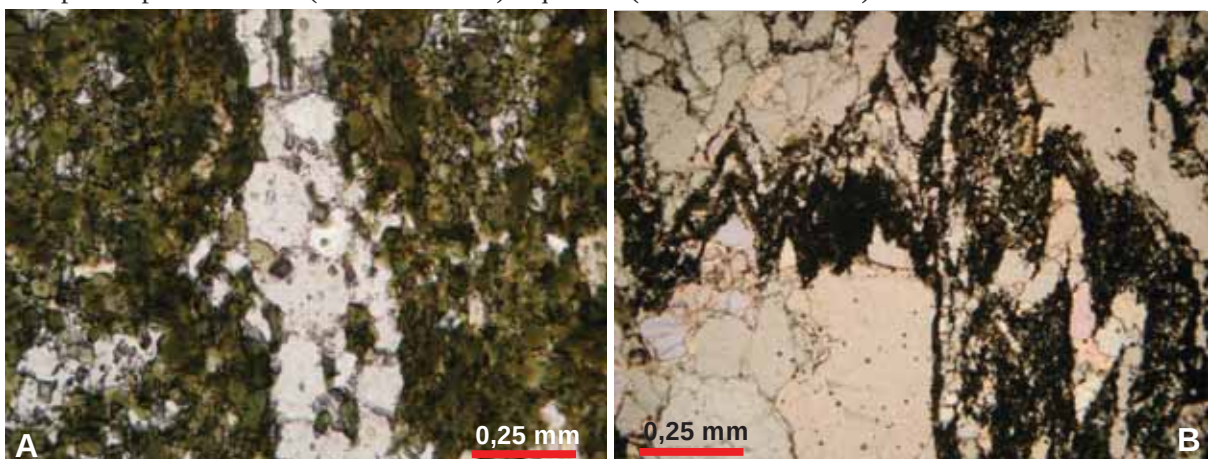
Com o objetivo de se identificar os halos hidrotermais, foram discriminadas na unidade granada muscovita quartzo xisto, porções em que haviam presença de magnetita e turmalina com relativa abundância, como mostra o mapa geológico (APÊNDICE II).

Figura 8.3: Fotomicrografia exibindo veio de quartzo com carbonato, interpretados como produtos de alteração hidrotermal na meta-graúvaca. O veio é concordante a foliação (Lâmina T-578-195). **A:** Polarizadores descruzados. **B:** Polarizadores cruzados.



Em campo a magnetita só era identificada através do uso do imã, pois seus grãos não eram visíveis a olho nu. Posteriormente, com as análises microscópicas, identificou-se a presença de magnetita em duas amostras. Sendo que no campo, devido a pouca quantidade de magnetita, o imã não reagiu de forma perceptiva. A magnetita ocorre pobremente, atingindo 1% na análise dessas duas secções polidas, com dimensões menores que 0,4 mm. Na lâmina T-578-14 sua percentagem na composição foi de 3%, com dimensões de 0,2 mm. No entanto não se pôde afirmar que essa magnetita seja de origem hidrotermal, com apenas as análises microscópicas.

Figura 8.4: **A:** Fotomicrografia evidenciando cristais verdes de turmalina orientados segundo a foliação, formando bandas que se intercalam com bandas de quartzo (Lâmina T-578-58). **B:** Fotomicrografia exibindo dobras fechadas. Ao microscópio, essas dobras têm seus planos axiais com mesma orientação que a foliação Sn, talvez sejam dobras Dn. As camadas dobradas são compostas por turmalina (cristais escuros) e quartzo (Lâmina T-578-155).



Quanto a turmalina, esta apresenta seus cristais orientados segundo Sn, formando pequenas bandas de coloração preta, as quais seguem a foliação Sn, mesmo quando Sn encontra-se dobrado (Fíg. 8.4-B). Assim, acredita-se que a turmalina seja de origem sedimentar, sendo os sedimentos que a originaram vindos de condutos hidrotermais associados a atividades vulcânicas, na época da deposição dos sedimentos da unidade granada muscovita quartzo xisto em ambiente marinho.

9. RESULTADOS DAS ANÁLISES QUÍMICAS PARA TEOR DE OURO

Como dito anteriormente neste trabalho, foram realizadas um total de 32 análises químicas com amostras coletadas (chipadas) na área de estudo, tendo-se como resultado dessas análises o teor de ouro das amostras. Neste capítulo é feita uma comparação do mapa contendo as anomalias auríferas, com o mapa geológico contendo os teores de ouro plotados.

A grande maioria dessas amostragens provém da unidade granada muscovita quartzo xisto, visto as anomalias estarem localizadas nessa unidade. Os veios de quartzo contidos nessa unidade apresentaram teores de ouro abaixo de 0,08 ppm em sua maioria. Exceto o veio de quartzo amostrado no Ponto 123, onde se encontrava uma cava horizontal (Fig. 9.1-A), o qual apresentou teor de 0,289 ppm, e outro muito próximo a esta cava, de teor de 0,401 ppm.

Apesar de não se ter certeza da natureza hidrotermal da magnetita, é fato que dos pontos que tiveram amostras analisadas quimicamente, os teores de ouro mais alto correspondem a unidade granada muscovita quartzo xisto quando possui magnetita na sua composição, como se observa na Figura 9.2. Duas análises foram realizadas no Ponto 123, onde se encontrava uma cava horizontal há muito feita, como mostra a (Fig. 9.1-A). Nela foram amostradas para análise química tanto a encaixante, que continha magnetita, turmalina e muitas vênulas de quartzo, quanto o veio de quartzo encaixado, de cor leitosa e já oxidado. Os teores correspondentes são de 0,564 ppm e 0,289 ppm (este último teor já citado acima) respectivamente. Próximo a essa cava horizontal, também havia uma cava vertical (Fíg. 9.1-B), a qual não foi amostrada por questões de segurança.

Quanto ao restante da unidade granada muscovita quartzo xisto, com ausência de magnetita, a análise de maior teor foi de 0,21 ppm, sendo a de menor teor 0,0025 ppm. No caso da porção da unidade granada muscovita quartzo xisto contendo turmalina em abundância (representada em roxo no mapa geológico, apêndice II) apenas uma amostragem

(para análise química) foi efetuada, devido a pequena quantidade de blocos ocorrentes nesta porção da área mapeada. O teor resultante desta análise foi de 0,199 ppm.

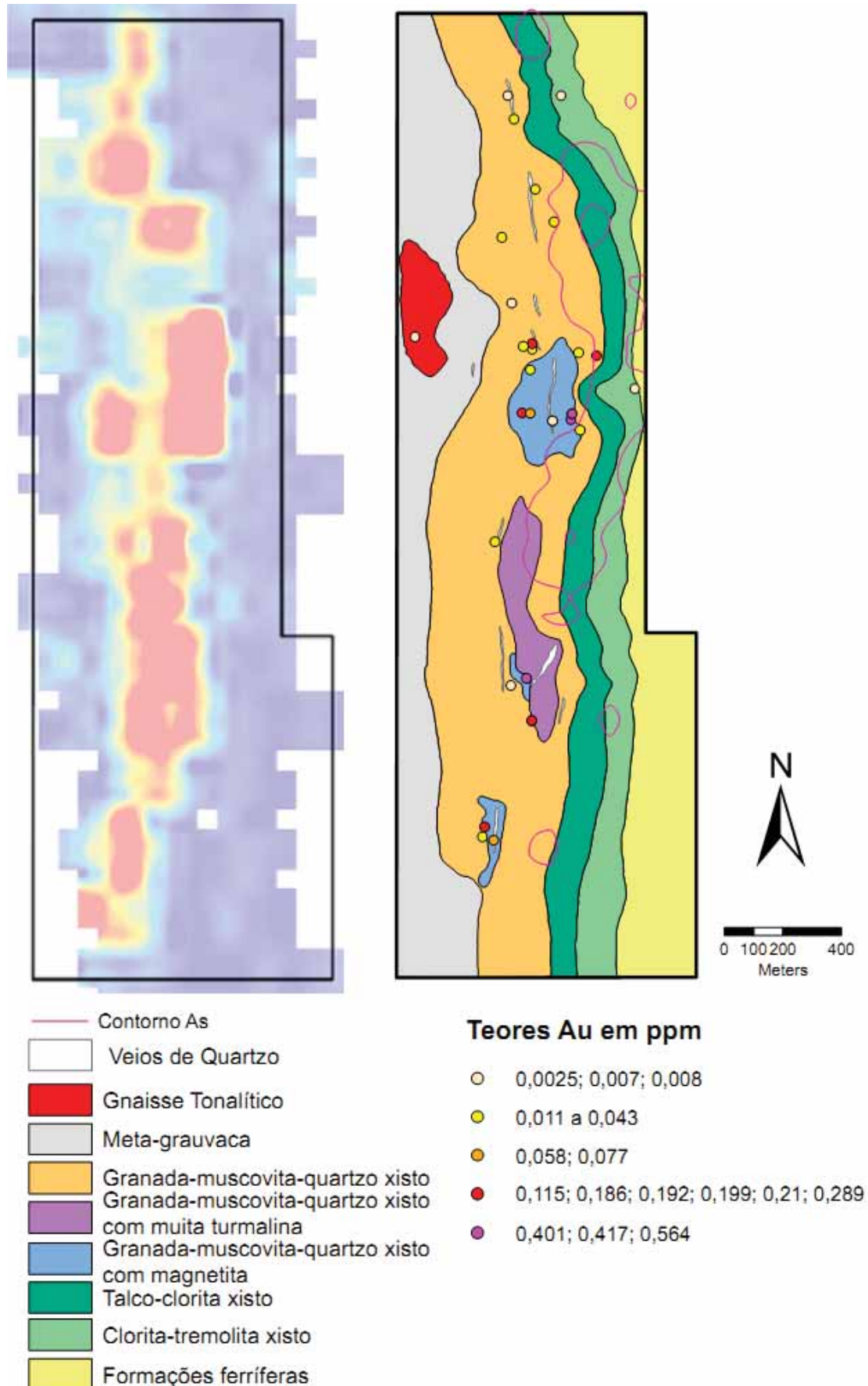
Figura 9.1: **A:** Cava horizontal feita provavelmente por garimpeiros antigos, localizada na unidade Granada muscovita quartzo xisto com magnetita (Ponto 123). **B:** Cava vertical, também feita por antigos garimpeiros (Ponto 123).



Comparando o mapa geoquímico que exhibe as anomalias auríferas, com o mapa geológico (Fíg. 9.2), percebe-se que as anomalias sobrepõe-se as zonas da unidade granada muscovita quartzo xisto, que contém magnetita e turmalina em abundância.

Fato este que confere com Ribeiro Filho (1984), que enfatizou que a camada de sericita-quartzo xisto com magnetita, granada e por vezes cloritóide, detém as ocorrências de ouro. Essa camada ocorre ao longo da Serra do Moinho, segundo N10°-20°S, mostrando marcas de lavra antiga e recente. As escavações são descontínuas, sugerindo uma variação lateral dos teores de ouro, alternando-se rochas com concentrações apreciáveis e zonas com teores mais baixos ou até mesmo estéreis.

Figura 9.2: A esquerda mapa geoquímico com as anomalias auríferas, e a direita mapa geológico contendo os teores de ouro e a anomalia de arsênio, referentes as análises químicas feitas com amostras coletadas na area. Comparando os mapas observa-se que as anomalias auríferas sobrepõe-se a unidade Granada muscovita quartzo xisto.



10. CONCLUSÕES

As unidades informais mapeadas na área de estudo são consideradas neste trabalho como pertencentes a Formação Serra do Moinho, que por sua vez corresponde ao topo das rochas meta-vulcano-sedimentares pertencentes ao Grupo Pilar de Goiás. As unidades da base, Formações Ferríferas e Meta-ultramáficas, são tidas como intercalações nos metassedimentos de origem terrígena, que são representados pelas unidades Granada muscovita quartzo xisto e Meta-graúvaca. A unidade Gnaisse tonalítico é interpretada como sendo parte das intrusões granitóides que ocorreram na região após a deposição da sequência metassedimentar.

Foram identificadas duas fases de deformação, a mais antiga representada por uma foliação (S_n) paralela a S_o , de atitude N10W/28SW, presente em toda a área. Por vezes observa-se a foliação S_n dobrada, formando dobras abertas de pequena escala, denominadas de dobras D_{n+1} , as quais correspondem à uma fase deformacional posterior. De modo geral, as camadas se comportam como um homoclinal com caimento de baixo a médio ângulo para oeste. Não foram observadas na área outras estruturas, ou indícios de estruturas, como falhas, dobras de maior porte e zonas de cisalhamento.

O metamorfismo atuante na área é considerado como sendo regional, com exceção do Ponto 181 e 133, onde provavelmente houve metamorfismo de contato em fácies anfibolito baixo. No restante da área o metamorfismo foi de fácies xisto verde alto zona da granada, como mostra a associação mineralógica da unidade Granada muscovita quartzo xisto. O único sinal de retrometamorfismo observado nas análises microscópicas foram cristais de granada sendo corridos por clorita.

Em superfície, o que se observa como resultado de ações hidrotermais na área, são principalmente os veios de quartzo. Sendo que o fluido responsável não alterou os minerais das rochas encaixantes dos veios, apenas ocupou as fraturas e os espaços vazios. Não havendo sinais de processos de alteração hidrotermal, com exceção de uma ocorrência pontual de blocos de veios ricos em turmalina hidrotermal, e uma secção polida da unidade Meta-graúvaca que apresentou pequena quantidade de carbonato.

As locações presentes tanto nos veios como nas encaixantes possivelmente continham sulfetos, talvez oriundos do mesmo fluido que originou os veios de quartzo ou de algum pulso posterior. No entanto não se pode afirmar com certeza tal fato. Em sub-superfície é possível que esses sulfetos estejam preservados.

De algum modo, as maiores concentrações de ouro na área, mesmo que de baixos teores, estão relacionadas com a unidade Granada muscovita quartzo xisto com magnetita, como mostram os resultados das análises químicas. Apenas as análises microscópicas não foram suficientes para determinar o caráter da magnetita, ou seja, se esta é de origem hidrotermal ou não.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B. & FUCK, R.R. -.1977 - Províncias Estruturais Brasileiras. VIII Simpósio de Geologia do Nordeste. Anais ..., SBG, p.363-391.
- ARNDT, N.T., TEIXEIRA, N.A., and WHITE, W.M., 1989, Bizarre geochemistry of komatiites from the Crixás Greenstone Belt. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 101:187-197.
- BUCHER, K. Petrogenesis of metamorphic rocks. Berlim: Springer-Verlag.
- CORREIA, C. T.; GIRARDI, V. A. V.; TASSINARI, C. C. G.; JOST, H. . Rb-Sr and Sm-Nd geochronology of the Cana Brava layered mafic-ultramafic intrusion, Brazil, and considerations regarding its tectonic evolution. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 27, n. 3, p. 365-376, 1997.
- CARVALHO, M. T. N. Integração de dados geológicos, geofísicos e geoquímicos aplicada à prospecção de ouro nos Greenstones Belts de Pilar de Goiás e Guarinus, GO. Instituto de Geociências, dissertação de mestrado, Unb, Brasília, 1999, 190 p.
- DANNI, J. C. M.; RIBEIRO, C. C. 1978. Caracterização estratigráfica da seqüência vulcano-sedimentar de Pilar de Goiás e de Guarinos, Goiás. *Anais de XXX Cong. Bras. de Geologia*, Recife, v. 2.
- DANNI, J.C.M.; DARDENNE, M.A. & FUCK, R.A. - 1981 - Geologia da região da Serra da Santa Rita e Seqüência Serra de Cantagalo. SBG, Simpósio de Geologia do Centro-Oeste, 1, Goiânia, Atas, p.265-280.
- DANNI, J.C.M.; JOST, H.; WINGE, M. & ANDRADE, G.F. - 1986 - Aspectos da Evolução dos Terrenos GranitoGreenstone: Exemplo da Região de Hidrolina, Goiás. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Geologia. Anais, SBG, p.570-584.
- FORTES, P.T.F.O., PIMENTEL, M.M., SANTOS, R.V., JUNGES, S., 2003, "Sm-Nd study of the Crixás greenstone belt, Brazil: implications for the age of deposition of the upper sedimentary rocks and associated Au mineralization". *Journal of South American Earth Sciences* 16:503-512.
- FUCK, R. A. 1994. A Faixa Brasília e a compartimentação tectônica na Província Tocantins. In: SIMP. GEOL. CENTRO-OESTE, 4, Brasília, 1994. Anais...Brasília, SBG, p. 184-187.
- KLEIN, K. 2005. Some Precambrian banded iron-formations (BIFs) from around the world: Their age,geologic setting, mineralogy, metamorphism, geochemistry, and origin. *American Mineralogist*, Volume 90, pages 1473–1499
- KUYUMJIAN, R.M. - 1981 - Geologia e Mineralizações Auríferas do Greenstone Belt da Faixa Crixás - Gt). Brasília - DF. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília. Dissertação de Mestrado, 67p.

PIMENTEL, M. M.; BLUM, M. L. B.; SILVA, A. M. 2001. Geologia de Terrenos Arqueanos e Proterozóicos da região de Crixás-Cedrolina, Goiás. In: Revista Brasileira de Geociências. São Paulo, v. 31, n. 3, p. 315-328.

JOST, H. ; OLIVEIRA, A . Stratigraphy of the greenstone belts, Crixás region, Goiás, central Brazil. Journal of South American Earth Sciences, v. 4, p. 201-214, 1991.

JOST, H., VARGAS, M.C., FUCK, R.A., KUYUMJIAN, R.M., PIRES, A.C.B., 1994. Relações de contato, litologias, geologia estrutural e geofísica do Bloco Arqueano do Moqué, Crixás, Goiás. SBG, Simp. Geol. Centro-Oeste, IV, Brasília, Resumos Expandido.

JOST H. et al. 2001. Geologia de Terrenos Arqueanos e Proterozóicos da região de Crixás-Cedrolina, Goiás. In: Revista Brasileira de Geociências. 31(3):315-328. Brasília.

JOST, H.; DUSSIN, I.A.; CHEMALE JR, F.; TASSINARI, C.C.G.; JUNGES, S. 2008. U-Pb and Sm-Nd constraints for the paleoproterozoic age of the metasedimentary sequences of the Goiás archean greenstone belts. VI South American Symposium on Isotope Geology, San Carlos de Bariloche – Argentina.

JOST, H. 2009. Evolução crustal e depósitos minerais do bloco Arqueano de Goiás. II Simpósio Brasileiro de Metalogenia, Gramado – RS.

LACERDA, H.. Contribuição à tipologia dos depósitos auríferos da região central do Brasil.. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 20, n. 1-4, p. 32-45, 1990. Referências adicionais: Brasil/Português; Meio de divulgação: Impresso; ISSN/ISBN: 03757536.

PIMENTEL, M. M.; JOST, H.; FUCK, R. A. 2004. O embasamento da Faixa Brasília e o Arco Magmático de Goiás. In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C. D. R.; Brito-Neves, B. B. de (Orgs.) – Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. Beca, CD+673 p.

PULZ G.M. 1995. Modelos prospectivos para ouro em greenstone belts: exemplo dos depósitos Maria Lázara e Ogo, na região de Guarinos e Pilar de Golds, Goiás. (PhD Thesis, University of Brasília, Brazil).

QUEIROZ C.L. 2000. Evolução tectono-estrutural dos Terrenos Granito-Greenstone belt de Crixás, Brasil Central. Tese de Doutorado. IG/UnB, Brasília.

QUEIROZ, C. L. DE ; JOST, H. ; MCNAUGHTON, N. J. ; SILVA, L. C. . U-Pb SHRIMP and Sm-Nd geochronology of granite-gneiss complexes and implications for the evolution of the Central Brazil Archean Terrain. Journal of South American Earth Sciences, v. 26, p. 100-124, 2008.

RESENDE, M. G.; JOST, H. Petrogênese das formações ferríferas e metahidrotermalitos da Formação Aimbé, Grupo Guarinos (Arqueano), Goiás. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 41-50, 1995.

RESENDE, L. - 1995 - Estratigrafia, Petrografia e Geoquímica da Sequência Sedimentar do Greenstone Belt de Pilar de Goiás, GO Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília. Dissertação de Mestrado, 102p.

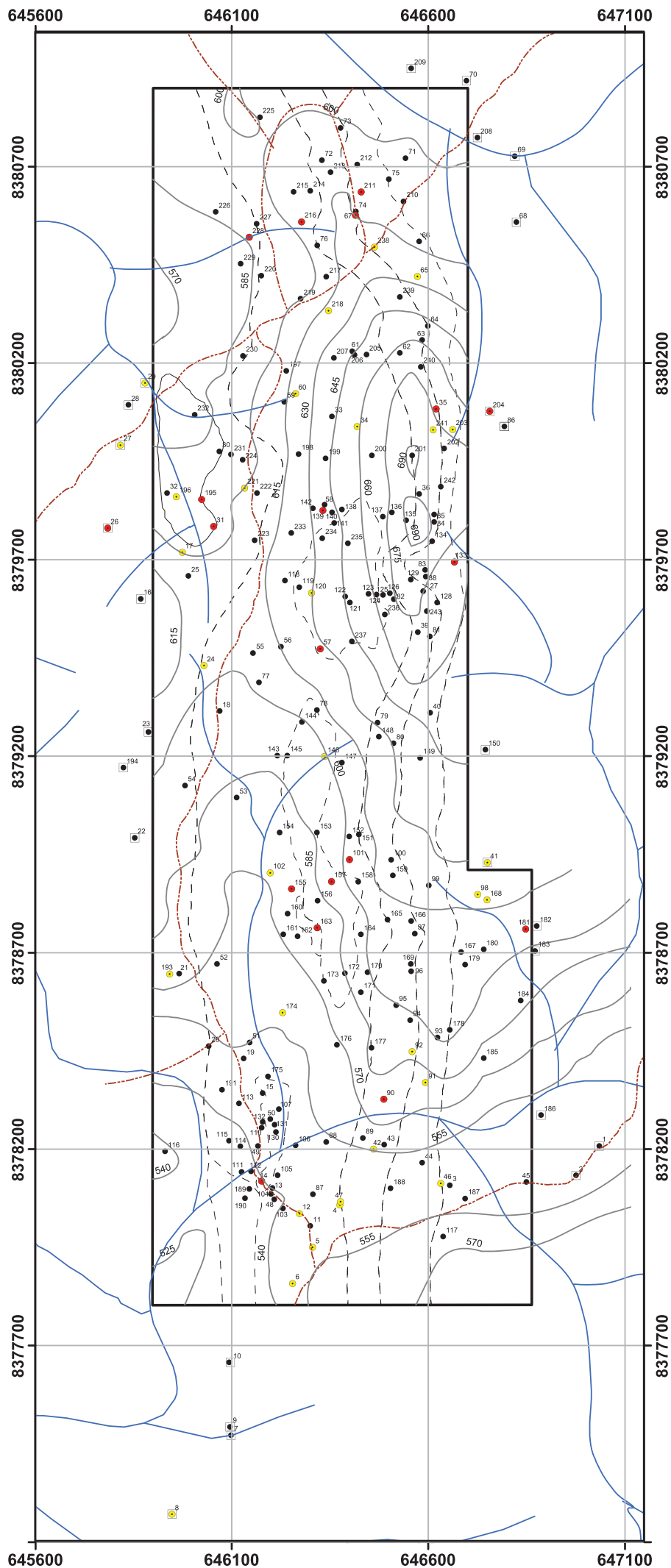
RIBEIRO FILHO, W. – 1984 – Geologia e alguns aspectos das mineralizações auríferas das faixas Pilar e Guarinus. In: ENCONTRO REGIONAL DE OURO DE GOIÁS,1 , Goiânia, 1984, Anais... Goiânia, SBG, p.6-24.

SABÓIA, L. A. de 1979. Os greenstone belts de Crixás e Goiás, GO. SBG, Centro-Oeste, Bol. Viana M.C. 1995. Geocronologia e geoquímica das rochas ortognáissicas e metavulcânicas Inf., 9, pp. 44-72.

TASSINARI, C.C.G., JOST, H., SANTOS, J.C., NUTMAN, A.P., BENNELL, M.R., 2006. Pb and Nd isotope signatures and SHRIMP U-Pb geochronological evidence of paleoproterozoic age for Mina III gold mineralization, Crixás District, Central Brazil. 5h South American Symposium on Isotope Geology, Punta Del Este, Uruguay, Short Papers Volume pp. 527-529.

VALERIANO C.M. ; DARDENNE, M.A. ; FONSECA, M.A.; SIMÕES, L.S.A.; SEER, H.J. A Evolução Tectônica da Faixa Brasília. In: MANTESSO NETO, V.; BARTORELLI, A.;

YARDLEY, B.W.D. Introdução à Petrologia Metamórfica. Editora Universidade de Brasília.



MAPA DE PONTOS ANEXO - I

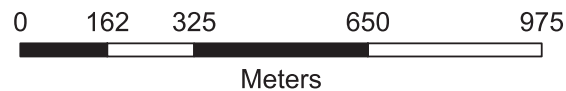


Convenções Geológicas

- Ponto cotado
- Ponto amostrado
- Ponto com lâmina
- Ponto controle
- Contato Observado
- - - Contato Inferido

Convenções Cartográficas

- Curvas de nível 15x15 m
- Drenagem
- - - Vias de acesso



Unesp Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho"

Trabalho de Conclusão de Curso

ANEXO I - Mapa de Pontos

Mapeamento de Detalhe e Petrografia do Alvo T-578 da
Empresa Yamana Gold- Greenstone Belt Pilar de Goiás
(Pilar de Goiás - GO)

Orientador: Prof. Dr. Sebastião Gomes de Carvalho

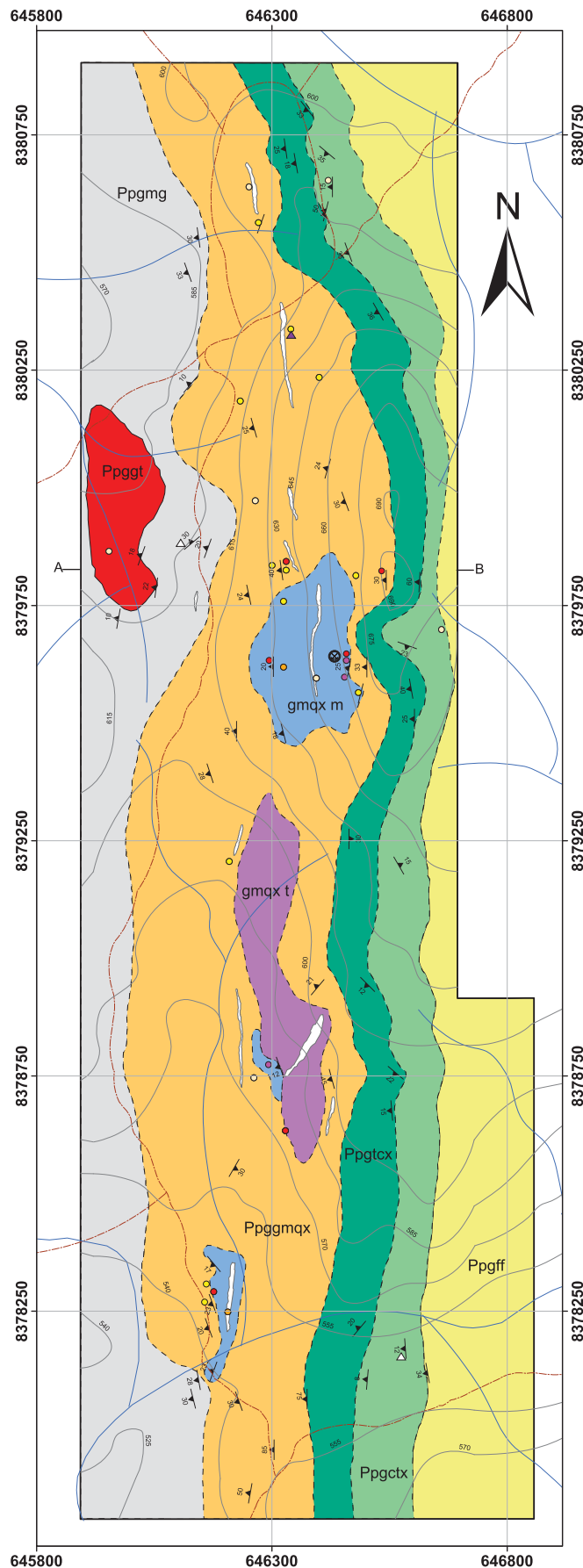
Autor: Fábio Tosi di Donato

Folha: ITAPACI - SD.22-Z-A-6

Escala: 1:10.000

Dezembro - 2011

MAPA GEOLÓGICO - ANEXO II



LEGENDA

Greenstone Belt Pilar de Goiás Paleoproterozóico

- Ppggt** Ppggt: gnaiss tonalítico com foliação Sn, granulação fina a média e é leucocrático. É composto por plagioclásio, quartzo, feldspato potássico, albita, muscovita, granada mais raramente e apatita como acessório. Frequentemente apresenta vênulas e veios de quartzo geralmente seguindo a foliação.
- Ppgmg** Ppgmt: Meta-graúvaca melanocrática contendo plagioclásio zonado, quartzo, biotita, epidoto e veios e vênulas de quartzo que seguem a foliação. Raramente ocorre carbonato na forma de veios ou na matriz.
- Ppgmqx** Ppgmqx: granada muscovita quartzo xisto, pode conter clorita, pouca turmalina, ilmenita, biotita, magnetita (gmqx m) e muita turmalina (gmqx t). Veios e vênulas de quartzo concordantes ou discordantes a foliação Sn, podem estar presentes.
- Ppgtctx** Unidade Meta-ultramáfica: Composta por Ppgtctx e Ppgctx. Ppgtctx: Composta quase que inteiramente por clorita e quantidades pequenas de talco e rutílio, exceto ao norte onde ocorre tremolita. Ppgctx: rocha menos hidratada que a anterior, havendo mais tremolita que clorita, rutílio, talco e apatita, cada um, não ultrapassam 2% da composição mineralógica.
- Ppgff** Ppgff: Formações Ferríferas bandas, com So paralelo a foliação Sn. Composta principalmente por quartzo e magnetita, ocorrendo no entanto, fácies silicatadas, com grunerita presente. Clorita pode ocorrer como acessório.

Ocorrências Pontuais

- △ Metachert ▲ Veio de Turmalina com quartzo

Convenções Geológicas

- A — B Seção Geológica A-B
- Veios de quartzo
- Foliação Sn
- Contato Observado
- Contato Inferido
- Área com ocorrência de garimpos e cavas antigos, e abandonados

Convenções Cartográficas

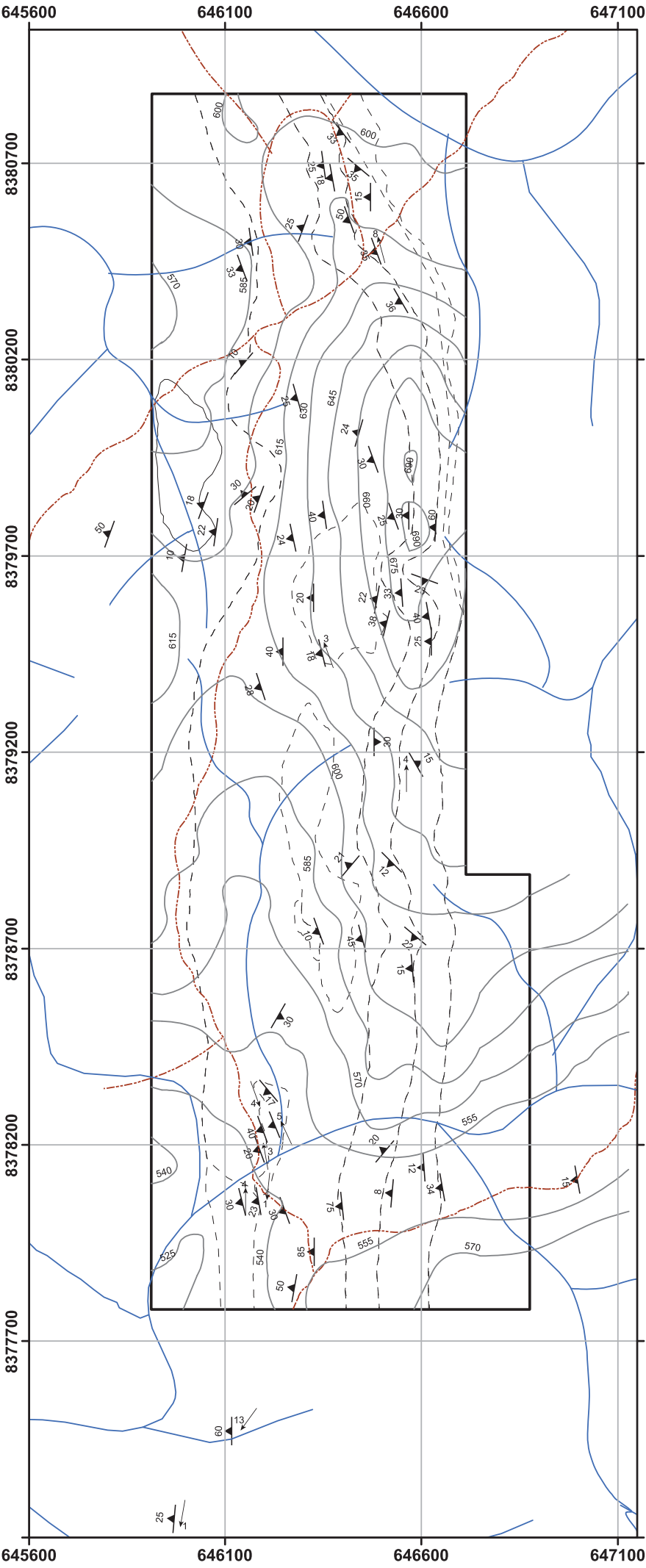
- Curvas de nível 15x15 m
- Drenagem
- Vias de acesso

Teores de Au em ppm

- 0,0025; 0,007; 0,008
- 0,011 a 0,043
- 0,058; 0,077
- 0,115; 0,186; 0,192; 0,199; 0,21; 0,289
- 0,401; 0,417; 0,564



Unesp	Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"
Trabalho de Conclusão de Curso	
ANEXO I - Mapa de Pontos	
Mapeamento de Detalhe e Petrografia do Alvo T-578 da Empresa Yamana Gold- Greenstone Belt Pilar de Goiás (Pilar de Goiás - GO)	
Orientador: Prof. Dr. Sebastião Gomes de Carvalho	
Autor: Fábio Tosi di Donato	
Folha: ITAPACI - SD.22-Z-A-6	
Escala: 1:5000	Dezembro - 2011



MAPA ESTRUTURAL

ANEXO - III



Convenções Geológicas

- Foliação Sn
- Lineamentos (eixos dobras Dn+1)
- Contato Observado
- Contato Inferido

Convenções Cartográficas

- Curvas de nível 15x15 m
- Drenagem
- Vias de acesso



Unesp	Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"
	Trabalho de Conclusão de Curso
ANEXO III - Mapa Estrutural	
Mapeamento de Detalhe e Petrografia do Alvo T-578 da Empresa Yamana Gold- Greenstone Belt Pilar de Goiás (Pilar de Goiás - GO)	
Orientador: Prof. Dr. Sebastião Gomes de Carvalho	
Autor: Fábio Tosi di Donato	
Folha: ITAPACI - SD.22-Z-A-6	
Escala: 1:10.000	Dezembro - 2011

APÊNDICE – V

DESCRIÇÕES PETROGRÁFICAS

LÂMINA T-578-14

Rocha: Clorita-biotita-muscovita-quartzo xisto

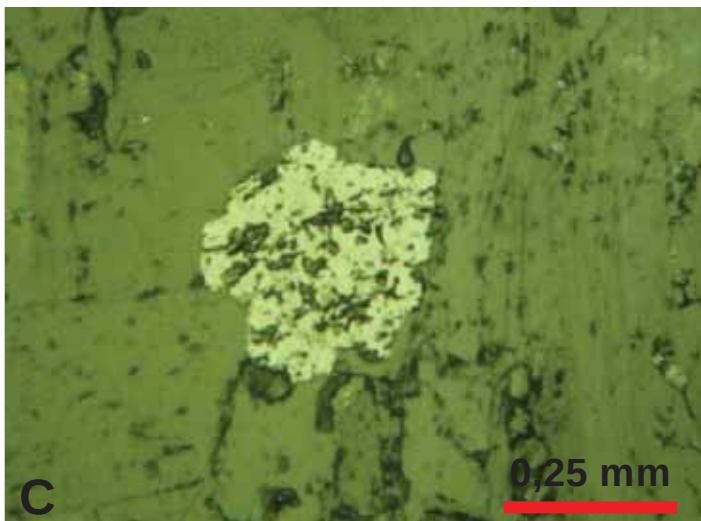
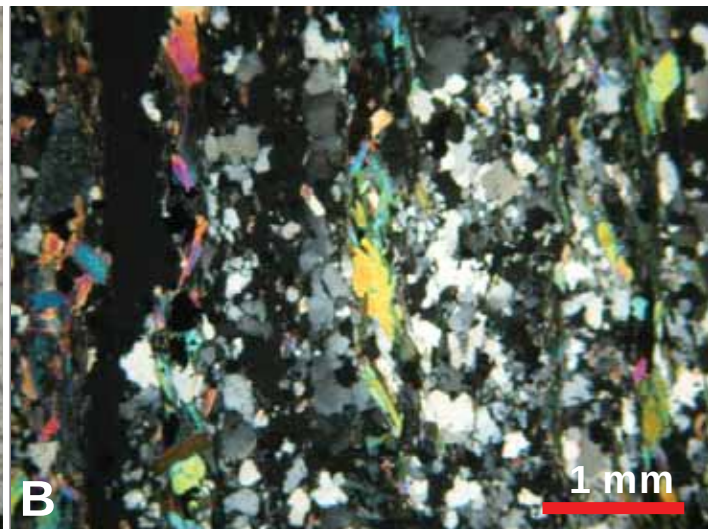
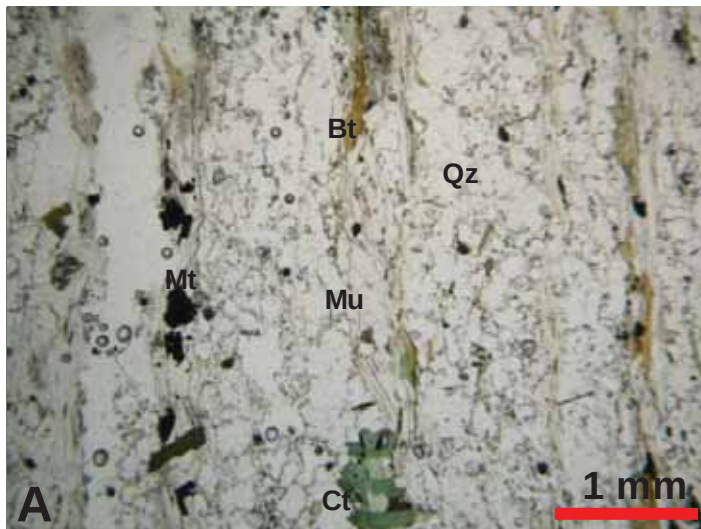
Composição: Quartzo: 56% Muscovita: 33% Magnetita: 3% Biotita: 3%
Granada: 1% Stilpelomelano: 1% Ilmenita: 1% Turmalina: Tr.
Clorita: 2%

Descrição: Textura granolepidoblástica dada por bandas de muscovita e bandas mais grossas de quartzo intercaladas. A direção principal de orientação é dada principalmente pelas micas e pelo quartzo.

O quartzo apresenta-se pouco orientado, sendo a orientação dada pelos cristais maiores, estes são anedrais, de contatos serrilhados e suas bandas se alternam com as de muscovita. As bandas quartzosas são de espessura da faixa de 1,5 mm a 2,5 mm aproximadamente, sendo os cristais de dimensões em sua maioria, entre 0,2 mm a 1,7 mm.

A muscovita é incolor e de hábito tabular alongado, os cristais possuem dimensões aproximadas de 0,8 mm a 1,7 mm, formando bandas pouco menores que as de quartzo. Acompanhando a muscovita há também cristais de biotita e clorita, provavelmente derivadas da muscovita. Seus cristais apresentam igual hábito da muscovita, porém, por vezes, são placóides e menos alongados. A biotita tem pleocroísmo marrom e a clorita verde.

Há pequenos grãos sub-arredondados de granada, em pouca quantidade e de dimensões entre 0,2 mm a 0,8 mm. Os opacos quando eudrais são cúbicos, e de menores dimensões (0,2 mm) do que quando são anedrais (0,5 mm), tratando-se de magnetita. Ocorre também ilmenita em menor quantidade e dimensões do que a magnetita, e na forma de filetes.



A: Fotomicrografia panorâmica da lâmina, exibindo a maioria dos minerais, em B com nicóis cruzados. C: Detalhe para cristal de magnetita.

LÂMINA T-578-57

Rocha: Turmalina-granada-muscovita-quartzo xisto

Composição: Quartzo: 45% Muscovita: 20% Granada: 14% Turmalina: 11%
Clorita: 4% Ilmenita: 2,5% Magnetita: 1,5%

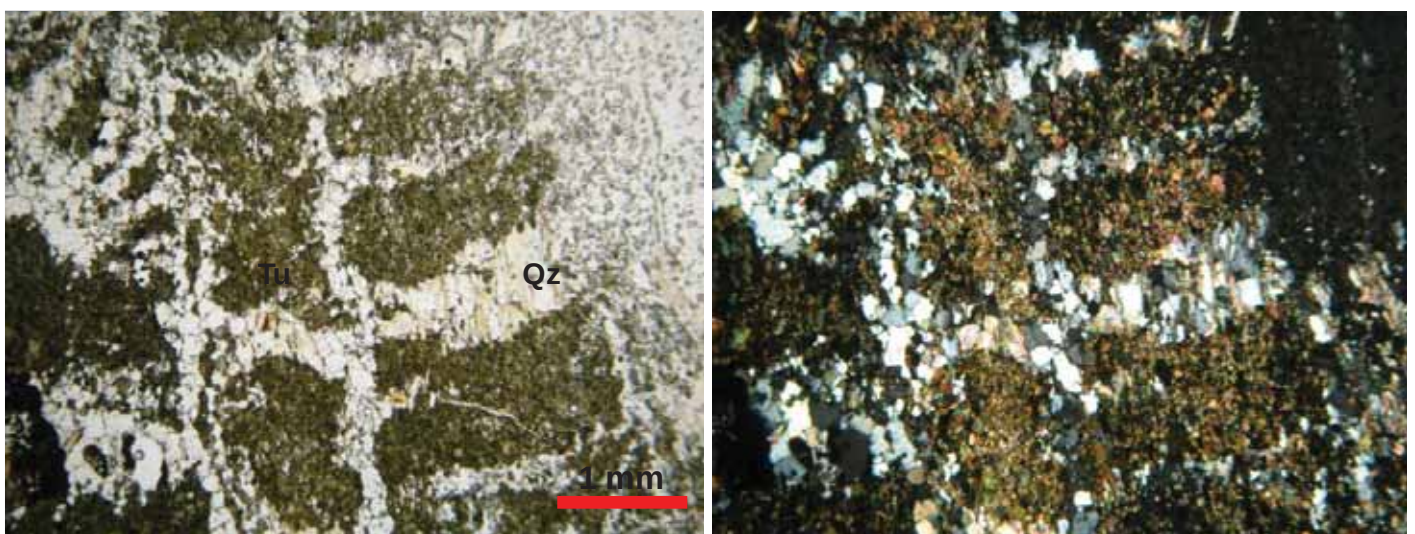
Descrição: Textura granolepidoblástica, dada por cristais de quartzo e muscovita que formam bandas separadas, com granada porfiroblástica.

O quartzo apresenta contatos angulares e serrilhados, cristais subedrais a anedrais, e de dimensões aproximadas de 1,5 mm, quando formando bandas junto com a granada, e de 0,6 mm no restante.

A muscovita é de hábito semi-tabular com cristais alongados, seus cristais estão concentrados em um porção da lâmina, formando bandas orientadas e separadas por bandas de quartzo. A dimensão da muscovita está em torno de 0,5 mm.

A granada está bem fraturada, alterando-se para hidróxidos de ferro, e clorita (salpicada por opacos finos) em algumas porções. Suas dimensões vão de 0,7 mm a até 6 mm geralmente. A clorita é produto de alteração da granada, está sempre em associação com ela. Seus cristais são subedrais placóides, de cor verde e com birrefringência anômala de cor arroxeadas escuras, implicando em grande quantidade de ferro em sua composição. A turmalina, assim como a muscovita, está concentrada em uma das porções da lâmina, na forma de bandas. Os cristais são granulares e de cor verde escuro, com as maiores dimensões em torno de 0,3 mm.

Nas bandas muscovíticas encontram-se cristais de opacos, muitos de hábitos cúbicos subedrais, tratando-se de magnetita, e outros alongados (ilmenita) acompanhando a muscovita. A magnetita tem dimensões de aproximadamente 0,2 a 0,4 mm, enquanto a ilmenita é pouco maior.



Fotomicrografia exibindo concentração anormal de turmalina (para a área de estudo) em uma das porções da lâmina.

LÂMINA T-578-58

Rocha: Granada-muscovita-quartzo-turmalina xisto

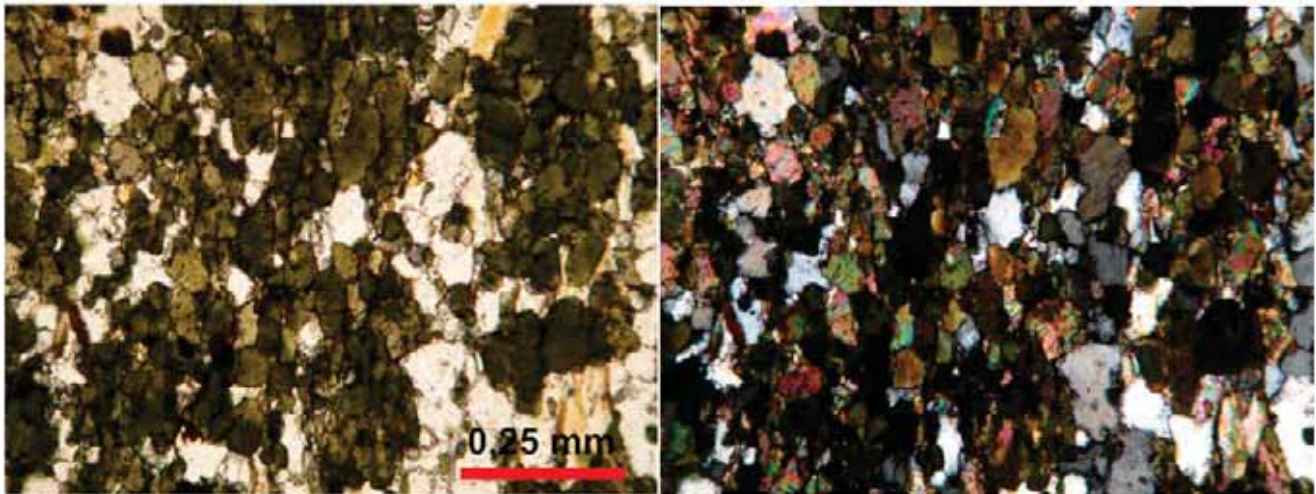
Composição: Quartzo: 47% Muscovita: 8% Granada: 2% Turmalina: 63%

Descrição: Rocha bandada com textura granolepidoblástica dada por bandas de muscovita orientada e bandas de quartzo e turmalina.

A turmalina ocorre como grãos agregados e submilimétricos, que formam bandas que se alternam com bandas de quartzo. Por vezes essas intercalações são cortadas perpendicularmente por vênulas de quartzo submilimétrico e de contatos serrilhado, contendo mínima quantidade de muscovita.

O quartzo possui outro domínio, ocorrendo como bandas maiores e com pouca presença da turmalina. Nesse caso os cristais de quartzo são milimétricos com alguns atingindo até 4 mm de dimensão.

A muscovita exhibi-se orientada, cristais finamente alongados e incolores. A granada está intensamente fraturada com algumas porções dominadas por óxido de ferro, possui dimensões milimétricas próximas as do quartzo.



Fotomicrografia exibindo em detalhe os cristais de turmalina com estrutura anisotrópica.

LÂMINA T-578-101

Rocha: Clorita-granada-muscovita-quartzo xisto

Composição: Quartzo: 50% Muscovita: 38% Granada: 9%
Ilmenita: 2% Clorita: 1%

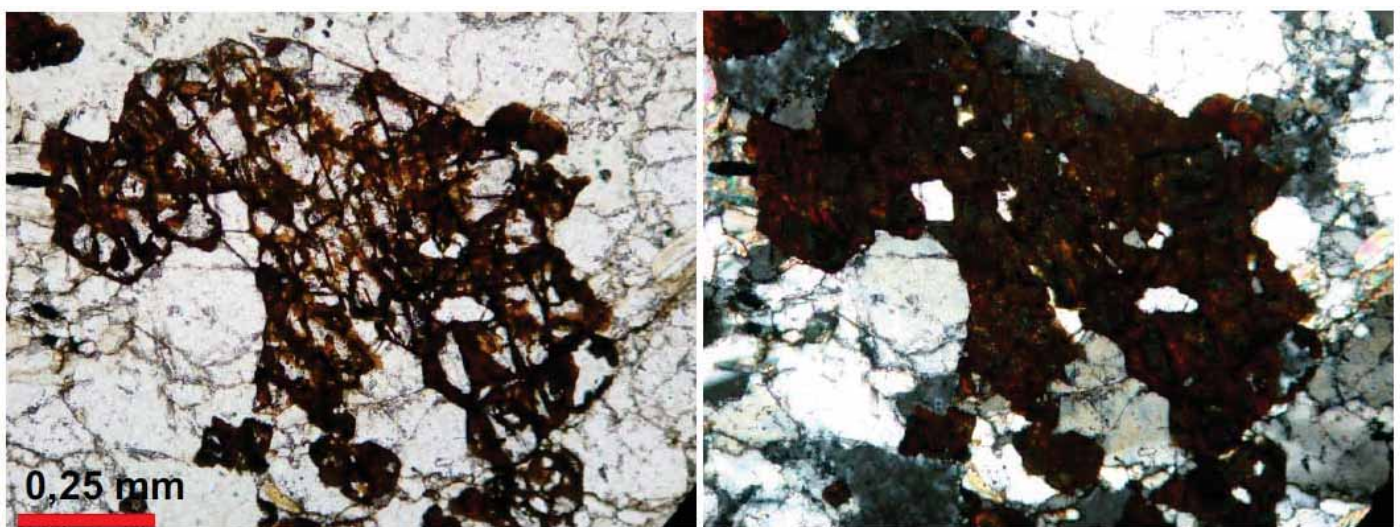
Descrição: Textura em parte lepidoblástica dada pelos cristais de muscovita orientados, que formam faixas alongadas. As quais são separadas por cristais de quartzo também orientados e que perfazem a maior parte da matriz. Contém porfiroblastos de granada.

O quartzo é andedral, está razoavelmente orientado na mesma direção que a muscovita, suas dimensões variam entre 0,3 a 2 mm, sendo o contato entre eles serrilhado.

A muscovita apresenta-se nitidamente orientada em uma direção, formando faixas separadas pelos cristais de quartzo. Seus cristais são incolores, alongados, sendo alguns ligeiramente tabulares, possuindo dimensões de 0,4 a 0,7 mm, com alguns em torno de 5 mm. Em algumas porções os cristais estão mais alterados, menores, com birrefringência mais fraca e isotrópicos, possivelmente estão alterando para sericita.

A granada ocorre dispersa pela lâmina em forma de grandes cristais isolados, de caráter anedral a subedral. É de tom levemente rosado, ferrífera, e com muitas fraturas preenchidas por hidróxido de ferro, sendo que este já alterou grande parte da granada. Mais raramente tem-se clorita como material de alteração da granada. As dimensões da granada são muito variadas, ocorrendo mais comumente entre 2 a 5 mm, com um cristal chegando a 1 cm. Também há textura poiquiloblástica, dada pelo quartzo envolto pela granada.

Os opacos encontram-se alongados na direção da foliação e quase sempre entre os cristais de muscovita, ocorrem dispersos em grupos de pequenos cristais (0,2 mm), trata-se de ilmenita.



Fotomicrografia exibindo cristal de granada extremamente alterado para óxido/hidróxido de ferro, as porções alteradas são principalmente as zonas fraturadas.

Rocha: Turmalina-granada-muscovita-quartzo xisto.

Composição: Quartzo: 25% Muscovita: 37% Granada/óxido/hidróxido de ferro: 20%
Opacos: 3% Turmalina: 15%

Descrição: Rocha com textura nematoblástica e lepidoblástica, dada por turmalina e muscovita orientadas. Apresenta bandas de quartzo e turmalina extremamente dobradas em algumas porções.

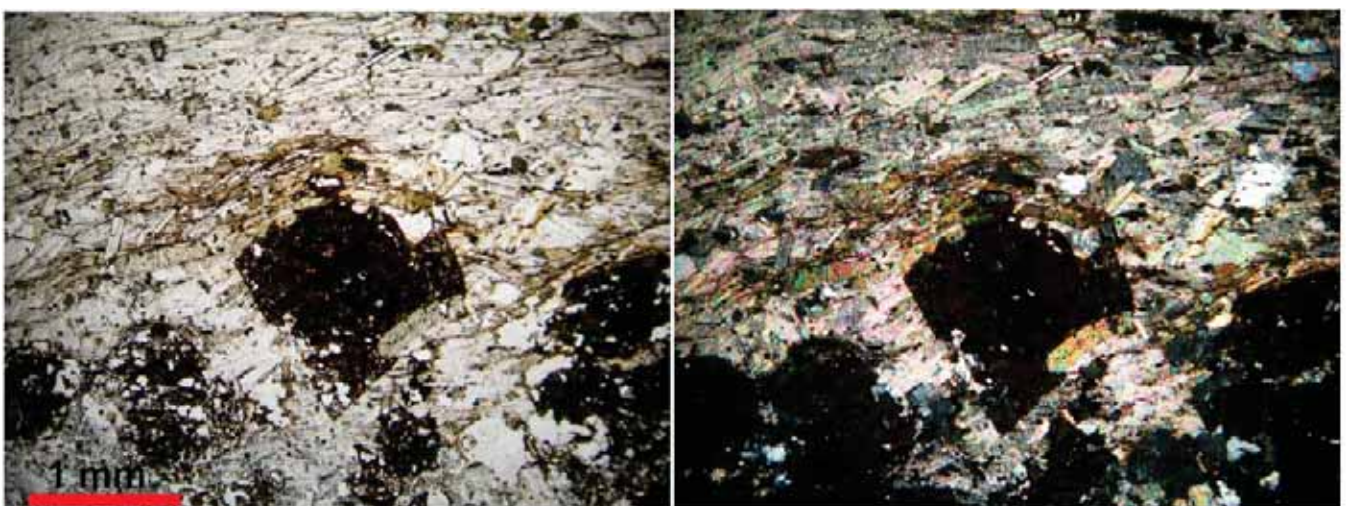
A muscovita possui hábito tabular alongado de dimensões aproximadas de 1 a 2mm geralmente. Apresenta-se orientada em mais de uma direção, no entanto mantendo o Sn como dominante.

A turmalina exibe pleocroísmo verde e hábitos granular eudral a subedral (com dimensões aproximadas de 0,5 mm) e prismático alongado de dimensões maiores, com alguns cristais chegando a quase 2,5 mm. Os cristais estão orientados na mesma direção que a muscovita. A turmalina juntamente com o quartzo formam dobras parcialmente fechadas, com direção de plano axial igual a da orientação principal (Sn).

O quartzo está presente parcialmente na porção dobrada, exibe contatos serrilhados entre seus cristais e dimensões geralmente de 0,5 mm a 2 mm.

A granada se alterou para óxido/hidróxido de ferro (ainda possui hábito de granada), exibindo cor escura com tons de vermelho. Hábito eudral octaédrico a subedral, com dimensões de 1,7 mm, geralmente com cristais chegando até a quase 5 mm. Frequentemente apresentam zonas de sombra de pressão, com muscovita e turmalina em volta da granada.

Os opacos de granulação densa salpicam os cristais de turmalina e muscovita, tratam-se de óxidos e hidróxidos de ferro principalmente. Esporadicamente há cristais de ilmenita orientados segundo a foliação.



Fotomicrografia exibindo feição de zona de pressão, graças ao cristal de granada. Em volta desta, cristais de turmalina e muscovita.

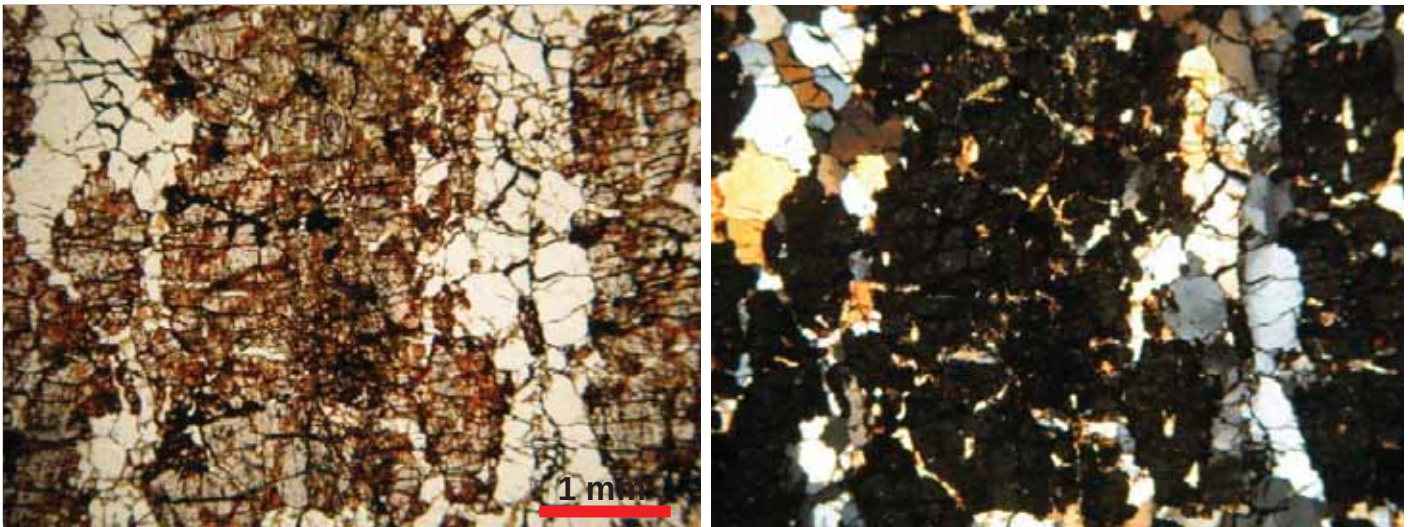
LÂMINA T-578-157

Rocha: Unidade Granada muscovita quartzo xisto rica em granada (pequeno bloco rolado)

Composição: Quartzo: 23% Granada: 77%

Descrição: As granadas encontram-se bem fraturadas, exibem coloração marrom clara e dimensões em torno de 2 mm, no entanto com alguns cristais atingindo mais de 2,5 mm. Estão com a superfície tingida por hidróxido de ferro, de cor laranja, sendo algumas porções mais intensamente alteradas, exibindo tons mais escuros. A granada é do tipo rico em ferro, almandina.

O quartzo é andedral com contatos serrilhados e com muitas fraturas. As dimensões dos cristais atingem em geral pouco mais de 1 mm. Encontra-se entre os cristais de granada.



Fotomicrografia exibindo cristais de granada e quartzo, a granada possui coloração levemente rosada, com algumas porções da superfície de cor alaranjada, devido estarem sofrendo alteração para hidróxido de ferro. Os contatos com o os cristais de quartzo é nítido e do tipo serrilhado a lobulado.

Rocha: Turmalina-Clorita-granada-muscovita-quartzo xisto

Composição: Quartzo: 50% Muscovita: 36% Granada: 7% Clorita: 4%
Turmalina: 1% Magnetita: 0,5% Ilmenita: 1%

Descrição: A rocha é composta por camadas milimétricas ora mais ricas em muscovita, ora quartzo (predominante), orientadas segundo a foliação Sn. A textura é granolepidoblástica com cristais porfiroblásticos de granada, estrutura anisotrópica, porém com porções isotrópicas.

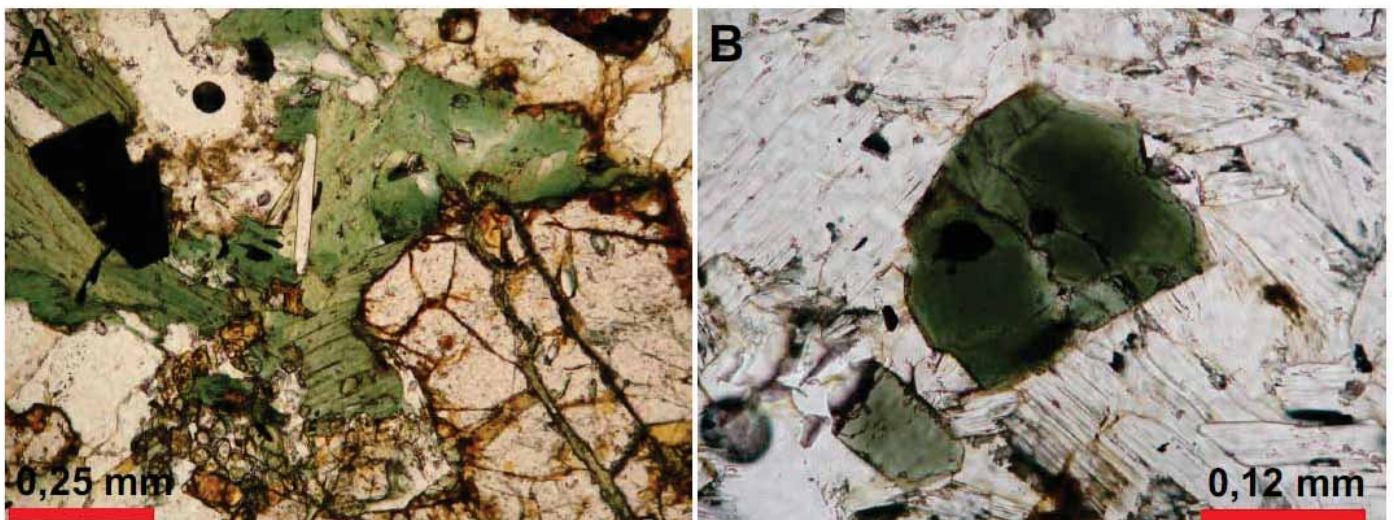
Os cristais de quartzo são em sua maioria anedrais, de contatos serrilhados, orientados, e de dimensões muito variadas, mas principalmente na faixa de 0,7 mm aproximadamente, com alguns ultrapassando os 5 mm. Os maiores cristais se concentram nos locais onde há menos muscovita, ocorrendo quase que apenas quartzo.

A muscovita encontra-se orientada junto com o quartzo de modo geral, porém, frequentemente há presença de estrutura isotrópica. São cristais tabulares a semi-tabulares, com a maioria possuindo dimensões de aproximadamente 2 mm.

A granada apresenta-se rosada, por vezes estirada no sentido de orientação principal, com dimensões de 2,5 a 5 mm. Está sempre fraturada e frequentemente com clorita associada como material de alteração. Comumente há opacos em sua superfície.

A clorita ocorre associada com a granada ou dispersa entre a muscovita, neste caso com um cristal atingindo quase 5 mm de dimensão. A turmalina é rara e exhibi-se como finos grãos arredondados a sub-arredondados, geralmente próximos uns dos outros.

Os opacos ocorrem como cristais na forma de filetes milimétricos a sub-milimétricos, dispersos pela lâmina e seguindo a foliação, trata-se de ilmenita. Outros são de hábito granular subedral e de dimensões pouco maiores, provavelmente magnetita.



A: Fotomicrografia exibindo clorita como material de alteração da granada. Nota-se que a clorita mantém as formas da granada, e preenche uma pequena fratura da mesma. O cristal opaco é magnetita. **B:** Turmalina em detalhe, provável corte basal, visto o formato do cristal assemelhar-se a um triângulo.

LÂMINA T-578-216

Rocha: Turmalina-Clorita-granada-muscovita-quartzo xisto

Composição: Quartzo: 55% Muscovita: 30% Granada: 8% Clorita: 3%
Turmalina: 2% Stilpelomelano: 1% Ilmenita: 1%

Descrição: Textura granoblástica dada pela granada, grãos de quartzo orientados, conferindo estrutura anisotrópica, que é dada em menor parte pela muscovita também

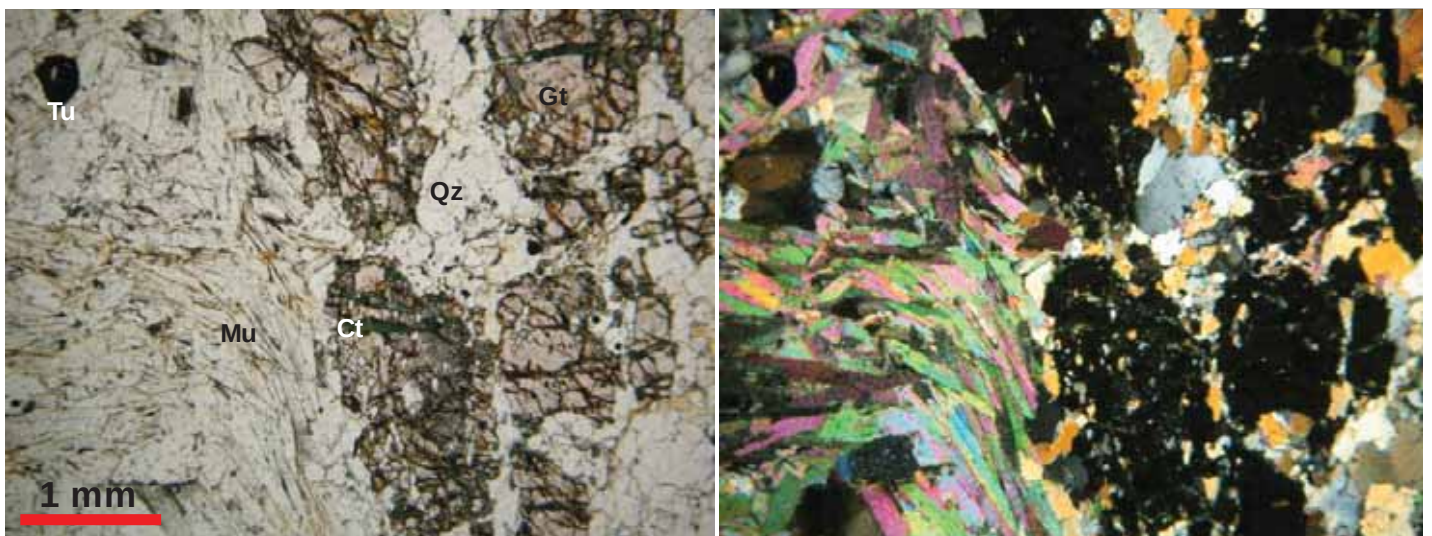
O quartzo é anedral e o contato entre seus cristais é serrilhado, sua dimensão varia bastante, porém ocorre mais comumente entre 0,5 e 2,5 mm. Frequentemente cristais de muscovita encontram-se entre os contatos dos cristais de quartzo, acompanhando seus contornos.

A muscovita possui hábito alongados e placóide, exibindo estrutura isotrópica em sua maioria. Suas dimensões são geralmente em torno de 1,5 mm, com alguns poucos cristais chegando a 2 mm.

A granada ocorre dispersa pela lâmina, seus cristais são subedrais e levemente rosados (rica em ferro), estão intesamente fraturados, sendo as fraturas preenchidas por óxido/hidróxido de ferro ou clorita. A clorita altera a granada também. Alguns cristais são mais alongados chegando a quase 5 mm, outros são mais circulares e de dimensões entre 1 a 1,5 mm. Observa-se textura poiquilítica dada pelo quartzo envolto pela granada.

A clorita sempre ocorre em associação com a granada, como seu material de alteração, seus cristais são de cor verde, pleocróicos e anedrais, com hábito lamelar. Ocorrem como minúsculos cristais nas fraturas da granada, e por vezes como cristais maiores em torno de 2 mm, substituindo porções da granda. A turmalina encontra-se dispersa pela lâmina, exibe cor verde escuro, e é subedral a anedral. São cristais geralmente pequenos, com dimensões aproximadas de 0,4 mm.

Os minerais opacos são representados por ilmenita sub-milimétrica na forma de filetes alongados.



Fotomicrografia exibindo cristais de granada alongados e de dimensões maiores que o comum na área, os cristais estão intesamente fraturados, havendo clorita retrometamórfica e hidróxido de ferro preenchendo estas fraturas.

LÂMINA T-578-26

Rocha: Anfibolito

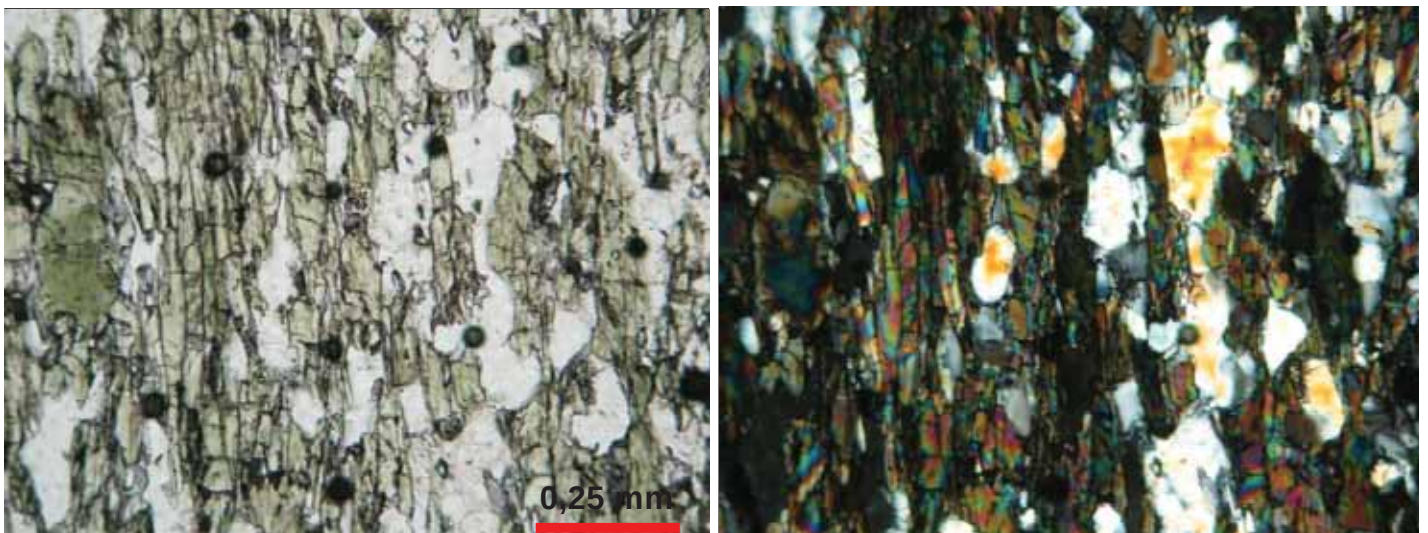
Composição: Quartzo: 4% Anfibólio: 80% Plagioclásio: 16% Apatita: Tr

Descrição: Rocha com estrutura fortemente anisotrópica, dada por cristais de anfibólio e plagioclásio estirados. O anfibólio e o plagioclásio formam bandas sub-milimétricas que se intercalam por toda lâmina.

O anfibólio possui hábito acicular e acentuado pleocroísmo, indo do verde claro ao escuro. Suas dimensões são em geral pouco menores que 1 mm, porém com alguns cristais atingindo quase 5 mm. Há cristais de anfibólio de hábito tabular com formas losangulares (corte basal), exibem forte relevo e boa clivagem.

O quartzo ocorre como cristais anedrais incolores, frequentemente como grãos sub-arredondados a angulosos e de dimensões sub-milimétricas. Ocorre também na forma de vênulas finamente alongadas, originadas a partir de uma infiltração provavelmente sindeposicional a deformação.

O plagioclásio é incolor e não possui geminação, ocorrendo como pequenos grânulos de 0,3 mm geralmente, são anedrais e exibem zoneamento composicional observado pela extinção, com o núcleo mais cálcico e bordas mais sódicas. Por vezes ocorrem estirados na direção da foliação, sendo neste caso são um pouco maiores as dimensões. A apatita possui dimensões de aproximadamente 0,2 mm e ocorre como grãos sub-arredondados.



Fotomicrografia exibindo o anfibólio alternando-se com o plagioclásio (incolor) na forma de bandas. Nota-se a forte orientação dos cristais prismáticos de anfibólio, perfazendo a foliação Sn.

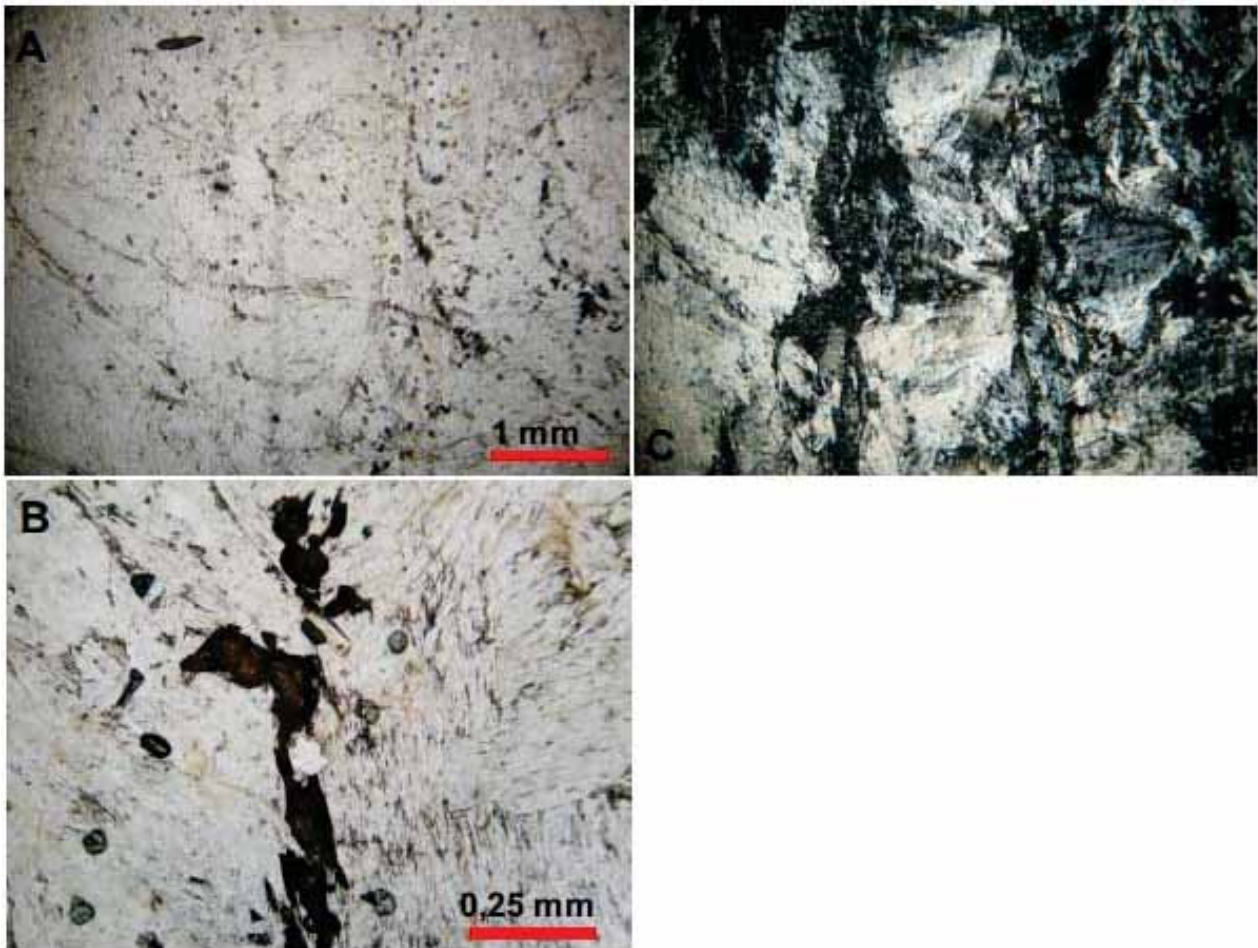
LÂMINA T-578-90

Rocha: Clorita xisto

Composição: Clorita: 99% Rutilo: 1% Talco: Tr

Descrição: Rocha isotrópica, composta por placas milimétricas de clorita e alguns grãos de rutilo. A lâmina é composto quase que unicamente por clorita, esta, exibi-se na forma de placas caoticamente dispostas, as quais truncam-se umas nas outras.

A clorita é incolor, de baixa birrefringência, apresentando nítida extinção ondulante. Há a presença de um pouco da talco sub-milimétrico entre os cristais de clorita. O rutilo ocorre como grãos sub-milimétricos, anedrais a sub-edrais, exibindo cor amarela escura. Ocorre disperso pela lâmina.



A: Fotomicrografia exibindo clorita incolor (magnesianas). **B (nicóis cruzados):** Nota-se que os cristais de clorita não estão orientados neste caso, e truncam-se uns com os outros. **C:** Fotomicrografia com detalhe para o cristal de rutilo.

LÂMINA T-578-133

Rocha: Anfibólio-fels

Composição: Quartzo:3% Anfibólio(matriz):79% Tremolita: 16% Apatita: 2%
Talco: Tr

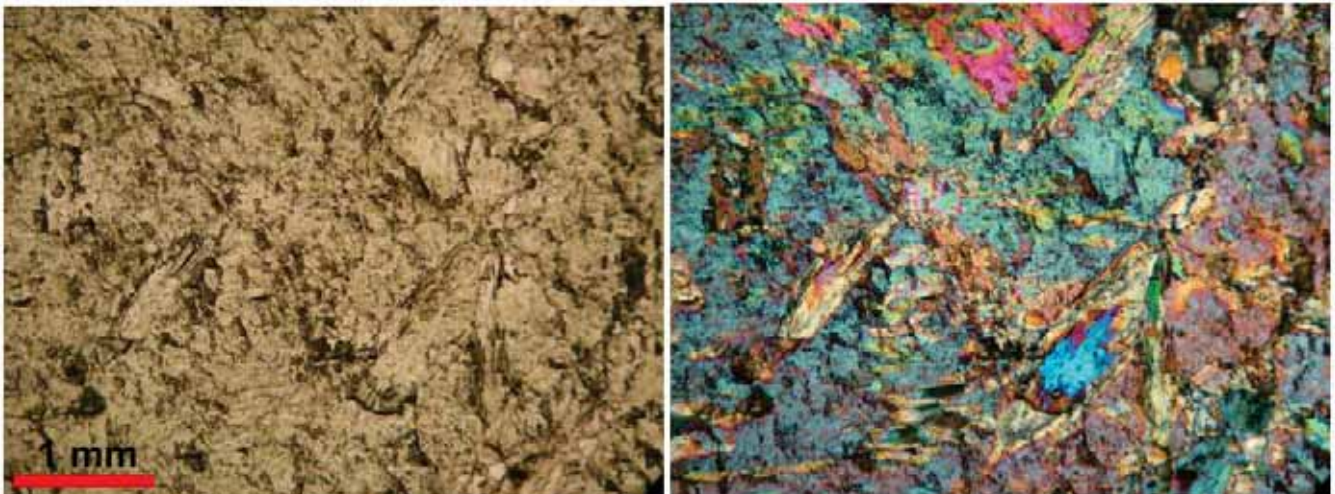
Descrição: Rocha com estrutura isotrópica e maciça, com cristais aciculares de tremolita e grânulos de quartzo e apatita dispersos.

A matriz é dada por cristais milimétricos de anfibólio magnésiano, de cor verde muito claro a quase branco, são anedrais e perfazem a maior parte da lâmina, conferindo o aspecto maciço. A birrefringência desse anfibólio é alta. Esse anfibólio é de difícil identificação, mas trata-se de um mineral de alta temperatura, formado provavelmente por metamorfismo de contato em fase tardia.

A tremolita apresenta-se como cristais aciculares de cor branca, possuem aproximadamente dimensões de 2,5 mm, geralmente são pouco espessos, no entanto ocorrem alguns mais espessos, lembrando hábito semi-tabular. Quando observado em corte basal exhibe cristais eudrais de formas losangulares, alto relevo e boa clivagem. Suas dimensões são sub-milimétricas a até 1 mm.

O quartzo é anedral e sub-milimétrico, ocorre como grãos sub-arredondados, por vezes angulosos e encontram-se dispersos pela lâmina. A apatita ocorre como grãos de dimensões pouco menores que as do quartzo, porém são mais arredondados.

O talco identifica-se como de caráter anedral e de alta birrefringência.



Fotomicrografia evidenciando o anfibólio de alta temperatura e aspecto maciço, o qual não foi possível a identificação. Cristais de tremolita prismática e de relevo mais forte estão presentes na superfície deste anfibólio maciço e de cor verde pálida.

LÂMINA T-578-67

Rocha: Clorita-tremolita xisto

Composição: Tremolita: 81% Clorita: 15% Opacos: 2% Rutilo: 1%
Apatita: 1%

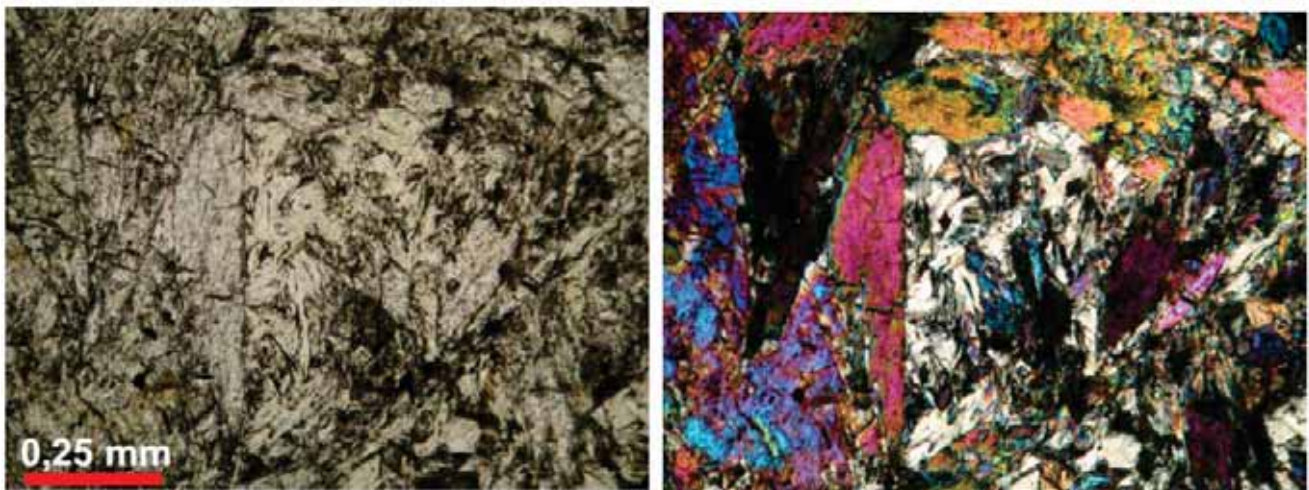
Descrição: Rocha com estrutura parcialmente anisotrópica, com aspecto xistoso, composta basicamente por anfibólio e clorita.

O anfibólio é incolor e não possui pleocroísmo, devendo tratar-se de um anfibólio rico em magnésio, tremolita. Possui hábito semi-tabular, por vezes aproximando-se do hábito acicular. As dimensões variam entre 1,5 mm a até 5 mm.

A clorita também é incolor e sem pleocroísmo, assim conclui-se que também é rica em magnésio. Ocorre como placas parcialmente orientadas, de dimensões sub-milimétricas. Observando as relações de contato com o anfibólio, crê-se que esses dois minerais sejam de mesma paragênese.

Os opacos são presentes na forma de filetes sub-milimétricos, ocorrendo dispersos pela lâmina, provavelmente ilmenita.

O rutilo está presente como grãos sub-milimétricos anedrais, de cor amarela escura.



Fotomicrografia evidenciando a tremolita em contato com a clorita. A clorita (incolor aos polarizadores cruzados) possui contato abrupto com a tremolita (prismática e colorida aos polarizadores cruzados). O que leva a crer que sejam de uma mesma paragênese.

LÂMINA T-578-211

Rocha: Tremolia clorita xisto

Composição: Tremolita: 42% Clorita: 54% Talco: 2% Rutilo: 2%

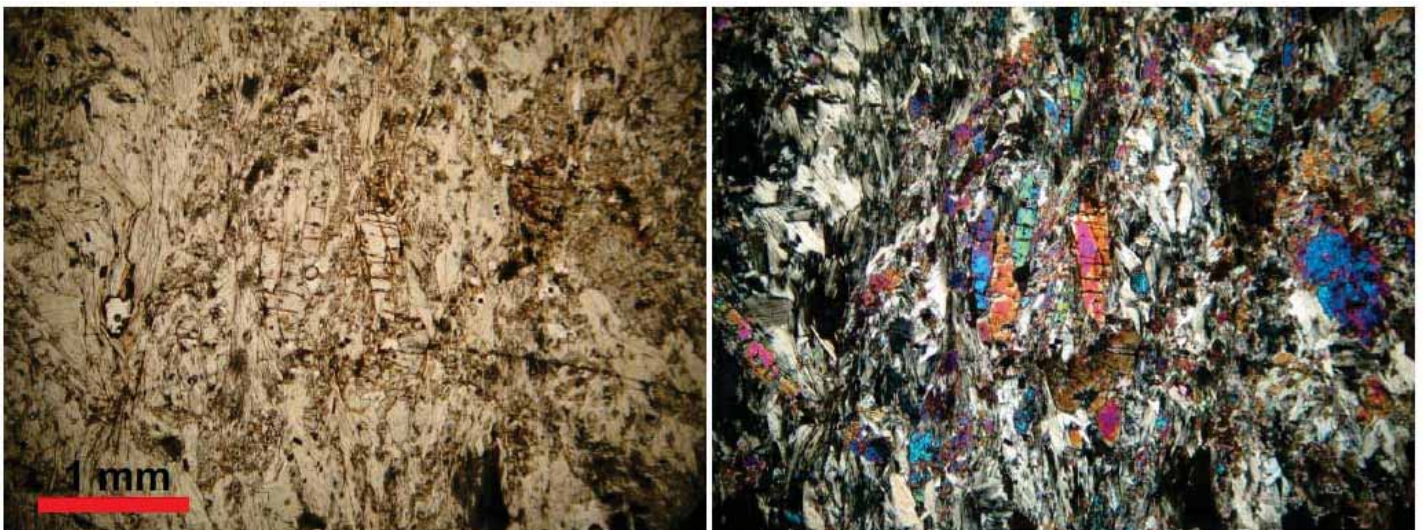
Descrição: Rocha com estrutura parcialmente anisotrópica, dada pelos cristais alongados de anfibólio e clorita.

A clorita apresenta-se em hábito placóide, é incolor e sem pleocroísmo, por essas duas últimas características conclui-se que é uma clorita rica em magnésio. As placas estão parcialmente orientadas e possuem dimensões variando entre 0,5 mm a 1,5 mm predominantemente.

O anfibólio é tremolita, visto ser incolor e sem pleocroísmo, o que indica alto teor de magnésio. Possui hábito predominantemente prismático alongado, com dimensões variando entre 1 mm a 5 mm (menos comum).

O talco possui dimensões sub-milimétricas, é anedral e está presente como material de alteração da clorita e tremolita, provavelmente formado devido a retrometamorfismo.

O rutilo ocorre como grãos sub-milimétricos finamente alongados, de coloração amarelo escuro.



Fotomicrografia mostrando a foliação formada pelos cristais de clorita principalmente, como também pelos cristais de tremolita prismáticos, localizados no centro.

LÂMINA T-578-195

Rocha: Meta-grauvaca com epidoto e carbonato

Composição: Quartzo: 10% Biotita: 28% Epidoto: 5% Opacos: 4%
Plagioclásio: 51% Carbonato: 2%

Descrição: Rocha com textura parcialmente lepidoblástica, dada por cristais de biotita fortemente orientada. A rocha possui estrutura bandada, devido a intercalação de bandas sub-milimétricas de plagioclásio e biotita.

O plagioclásio apresenta-se estirado na mesma direção de orientação da biotita. Seus cristais são incolores, anedrais, sub-milimétricos, não exibem geminação e formam bandas pouco mais espessas que as de biotita. Frequentemente os cristais de plagioclásio possuem formas retangulares ou ocorre como grãos sub-arredondados a angulosos, com contatos serrilhados, neste caso possuem zoneamento composicional observado pela extinção.

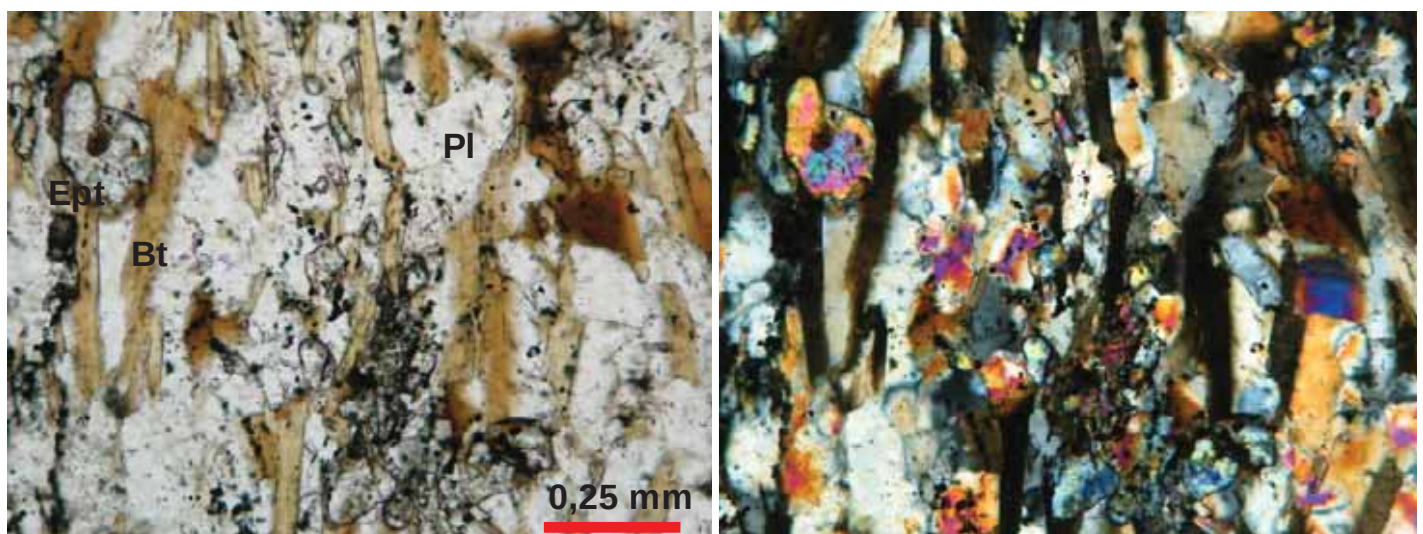
A biotita ocorre como cristais finamente alongados, exibindo pleocroísmo indo do incolor ao marrom. Suas dimensões estão entre medidas sub-milimétricas, a pouco mais de 1 mm.

O quartzo ocorre geralmente como grãos finos e sub-arredondados, são incolores e fazem contato principalmente com o plagioclásio. Veios de quartzo atravessam a lâmina na direção da foliação (mesma direção da biotita e do quartzo), esses veios contêm cristais de dimensões entre 1 e 2 mm.

O epidoto ocorre como cristais sub-edrais incolores, estão dispersos pela lâmina como grânulos sub-milimétricos. Os opacos na maioria das vezes estão associados ao epidoto, porém, quando seus grãos (granulação densa) ocorrem mais próximos uns dos outros, costumam formar agregados.

O carbonato possui relevo variável e leve coloração castanha, ocorrem como cristais anedrais de dimensões próximas a 1 mm. Localizam-se nos veios e na matriz.

Os opacos são de granulação densa (inferiores a 0,1 mm), salpicam homogeneamente a lâmina, sobre todos os cristais. Trata-se de óxido/hidróxido de ferro.



Fotomicrografia evidenciando os cristais de epidoto, os quais estão em contato tanto com o plagioclásio como com a biotita. As pintas pretas são os opacos de granulação densa. Nesta figura o plagioclásio apresenta formas retangulares não possuindo geminação polissintética.

LÂMINA T-578-228

Rocha: Meta-grauvaca com epidoto

Composição: Quartzo 5% Biotita: 43% Epidoto: 2% Opacos: 5%
Plagioclásio: 45%.

Descrição: Rocha com textura lepidoblástica dada por biotita orientada em mais de uma direção e formando várias dobras abertas. A biotita ocorre intercalada com cristais de plagioclásio levando a crer em uma estrutura bandada anteriormente.

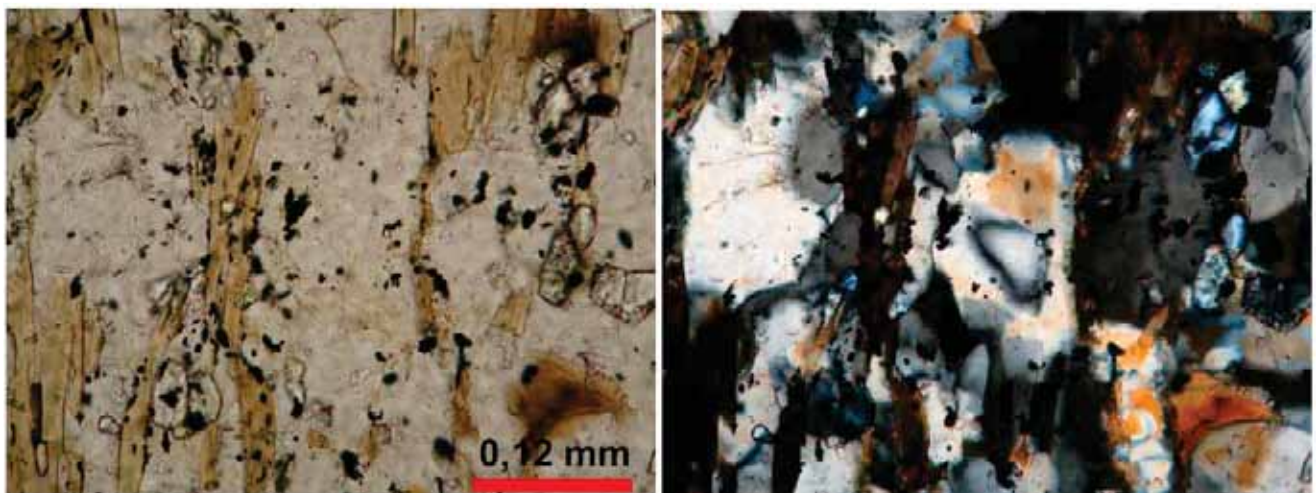
A biotita ocorre como cristais finamente alongados, ou menos comumente com hábito semi-tabular. As dimensões geralmente são menores que 1 mm. Dobras de várias orientações e geralmente abertas estão presentes.

O plagioclásio ocorre como cristais sub-edrais a anedrais, são de dimensões sub-milimétricas, possuem contatos serrilhados e não exibem geminação, porém possuem zoneamento composicional observado pela extinção. Frequentemente está estirado na direção da biotita, acompanhando ela.

O quartzo possui geralmente contatos trigonais entre seus cristais, sendo estes de dimensão sub-milimétricas e ocorrendo em pequenos grupos.

Cristais sub-arredondados de epidoto estão dispersos pela lâmina, de dimensões em torno de 0,2 mm e são incolores. A apatia possui dimensões semelhantes a do epidoto e é arredondada.

Os opacos são de granulação densa (inferiores a 0,1 mm) e ocorrem em associação com a biotita, sempre aglomerado nos planos orientados. Trata-se de óxido/hidróxido de ferro.



Fotomicrografia evidenciando cristal de plagioclásio com zoneamento (centro da figura). Nota-se como o plagioclásio nesse caso possui seus cristais com granulação sub-milimétrica, formas arredondadas a angulosas e ausência da geminação polissintética, características estas bem diferentes das que o plagioclásio costuma apresentar em rochas ígneas ou meta-ígneas.

LÂMINA T-578-31

Rocha: Gnaiss tonalítico

Composição: Quartzo: 28% Feldspato potássico: 6% Plagioclásio: 60%
Muscovita: 6% Apatita: Tr

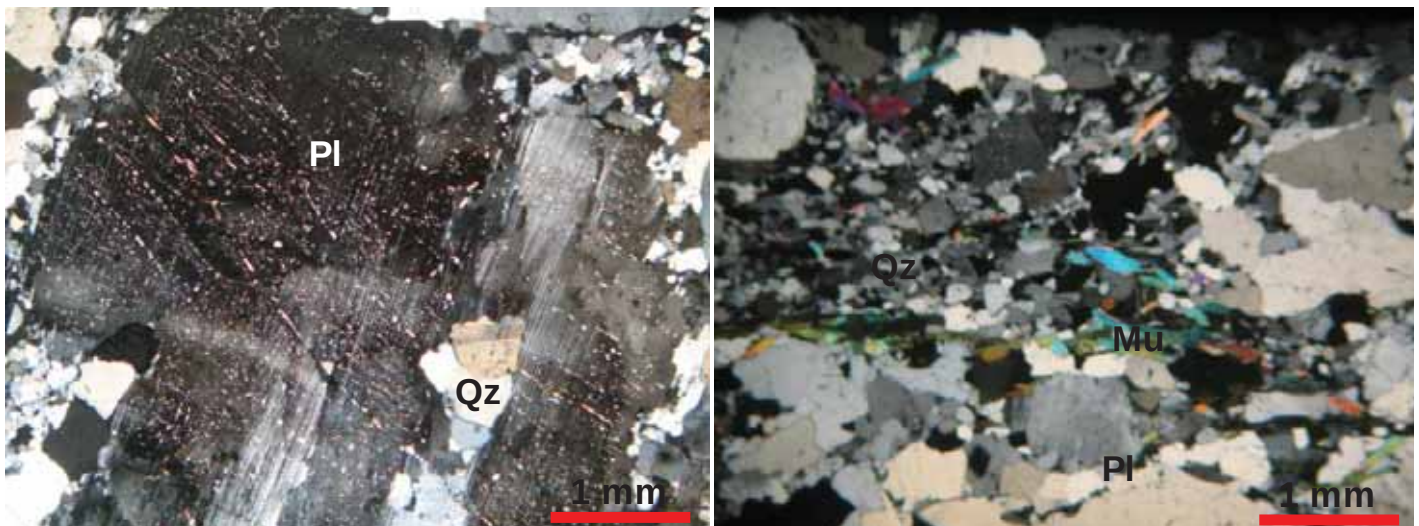
Descrição: Rocha maciça com estrutura predominante anisotrópica.

O plagioclásio apresenta-se com hábito semi-tabular (maiores cristais) ou sub-arredondado, com eixo maior orientado segundo a foliação. Os cristais são incolores, com os de hábito semi-tabular possuindo dimensões de 1 mm a até 5 mm. Os sub-arredondados são em geral pouco menores que 1 mm e são albita provavelmente. Esses cristais não exibem geminação, mas sim sinais de albitização, levando a crer que o plagioclásio era originalmente feldspato potássico. Alguns possuem geminação polissintética, neste caso ocorrendo como cristais de formas circulares irregulares de aproximadamente 2,5 mm. Frequentemente apresentam sutil sericitização.

O quartzo ocorre como cristais incolores sub-milimétricos, de aproximadamente 0,2 mm de dimensão. Os contatos são trigonais e por vezes retos. Os cristais alinham-se segundo a orientação da foliação.

O feldspato potássico apresenta-se com hábito semelhante ao do plagioclásio, porém com dimensões menores, não chegando a 2 mm. Há sinais de albitização.

A muscovita é incolor e ocorre em hábito tabular a semi-tabular, possui dimensões sub-milimétricas a pouco mais de 1 mm. Quando orientada a muscovita localiza-se por entre os contatos do feldspato com o quartzo entre os contatos do feldspato potássico e plagioclásio.



A esquerda cristal semi-tabular de plagioclásio com a superfície saussuritizada, os cristais menores são quartzo e plagioclásio. A direita, fotomicrografia evidenciando a foliação Sn presente no gnaiss tonalítico, principalmente dada pelos cristais placóides de muscovita no centro.

LÂMINA T-578-46

Rocha: Formação ferrífera bandada de fácies silicáticas

Composição: Quartzo 23% Anfibólio: 68% Opacos: 9% Clorita: Tr.

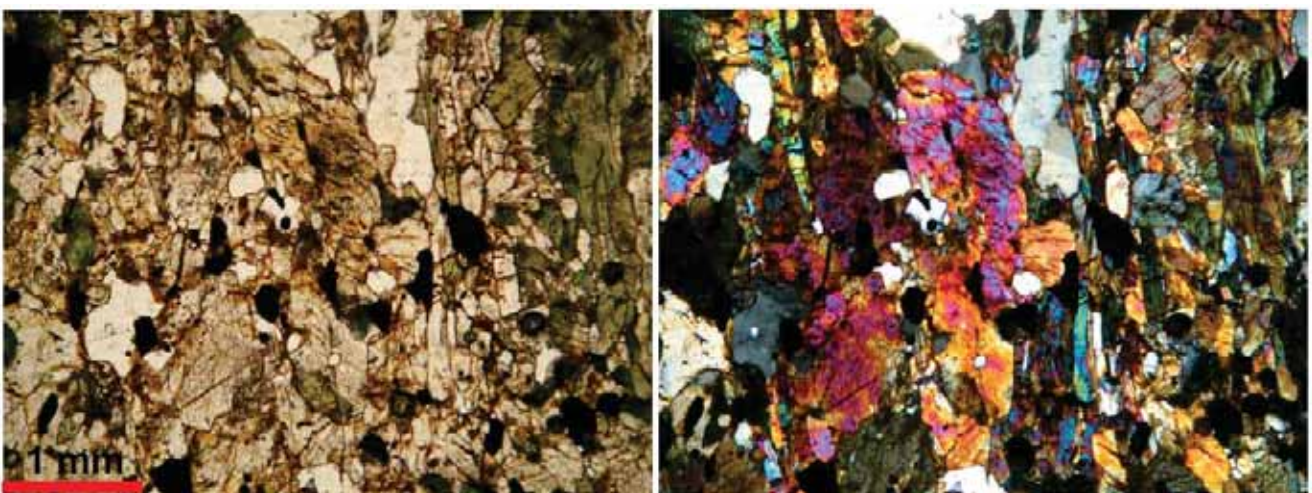
Descrição: Rocha com estrutura anisotrópica e textura parcialmente nematoblástica, dada por cristais de anfibólios orientados.

Há dois tipos de anfibólio presentes na lâmina: anfibólio de cor verde e acentuado pleocroísmo, ocorrendo como cristais alongados segundo a foliação, de dimensões aproximadas entre 0,2 a 0,5 mm. Sendo alguns cristais sub-arredondados e de menores dimensões. Esses anfibólios formam vários aglomerados dispersos pela lâmina.

O outro tipo ocorre homogeneamente, compondo a matriz da rocha juntamente com o quartzo. Estes anfibólios são incolores de hábito semi-tabular, exibem nítida clivagem e possuem dimensões pouco maiores que o outro anfibólio. Mais comumente são observados em corte basal, possuindo formas losangulares. Porém, ocorrem também como acículas, neste caso de maiores dimensões, atingindo até 0,6 mm. Trata-se de grunerita, originada durante o metamorfismo da rocha.

O quartzo apresenta-se como cristais anedrais e muito angulosos, possuem dimensões sub-milimétricas, por vezes atingindo 1 mm. Ocorrem dispersos homogeneamente. A clorita possui hábito placóide, exibe fraco relevo e é incolor.

Os opacos ocorrem sobre os cristais de anfibólio, geralmente possuem formas angulares e dimensões sub-milimétricas, raramente atingindo 1 mm. O eixo maior está alongado segundo a foliação. Tratam-se de cristais de magnetita, visto exibirem pequenos sinais de martitização.



Fotomicrografia mostrando os cristais de anfibólio, com coloração verde, e os anfibólios correspondentes a grunerita, que são os incolores.

LÂMINA T-578-181

Rocha: Formação ferrífera bandada com anfibólio

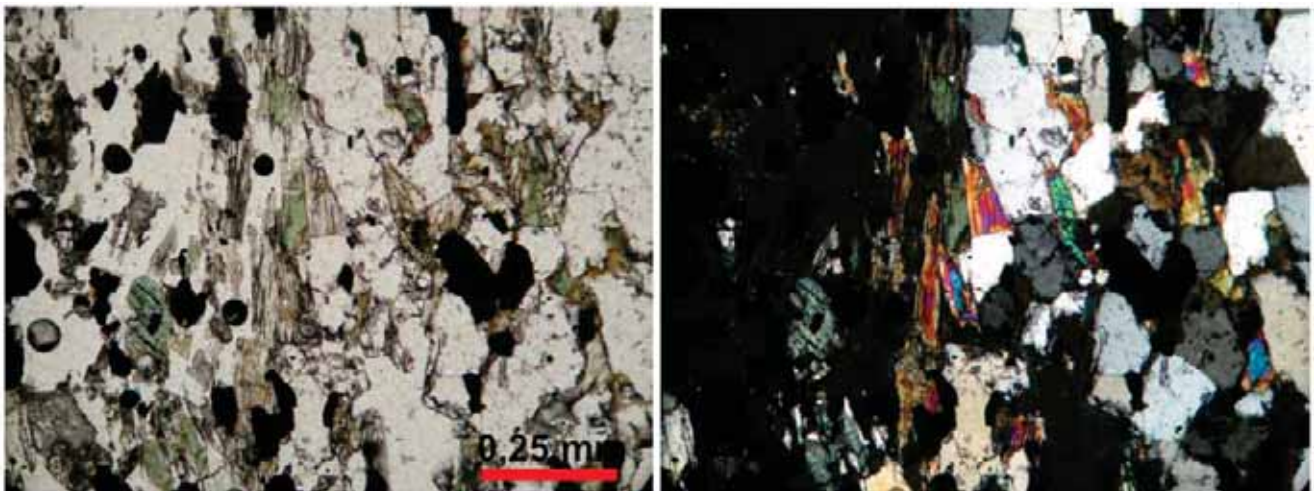
Composição: Quartzo 70% Anfibólio: 5% Opacos: 25% Clorita: Tr.

Descrição: Rocha com estrutura anisotrópica, evidenciada pela textura nematoblástica dada pelos cristais de anfibólio orientados. O quartzo e os opacos também encontram-se orientados na mesma direção.

O quartzo é o mineral predominante, ocorrem como grãos de dimensões em torno de 1 mm, mas podendo chegar a 2 mm menos comumente. Os cristais são geralmente angulosos, exibindo contatos serrilhados. Seu maior eixo encontra-se orientado segundo a foliação.

O anfibólio ocorre concentrado no centro da lâmina, formando uma camada juntamente com os opacos. Apresenta nítido pleocroísmo de cor verde e hábito geralmente acicular. A intensidade da cor verde varia, sendo os cristais de tons pálidos possivelmente grunerita. Suas dimensões variam em torno de 1 mm, com os mais aciculares chegando a mais de 2 mm. O anfibólio apresenta nítidos sinais de desmisturação, estando marcado com listras incolores, as quais representam a cummingtonita. Em uma porção da lâmina encontram-se cristais incolores de anfibólio (desmisturação completa), alguns com hábito próximo a tabular e com forte relevo.

A magnetita ocorre com o eixo maior orientado segundo a foliação, misturada com o quartzo, formam camadas irregulares, ora ricas, ora pobres em magnetita. As dimensões da magnetita são sub-milimétricas, com os cristais mais alongados atingindo 1 mm. Exibe pequenos sinais de martitização.



Fotomicrografia mostrando os cristais de grunerita, os quais aparecem com hábito semi-tabular e possuem cor verde pálida a incolor.

LÂMINA T-578-204

Rocha: Muscovita biotita Quartzito

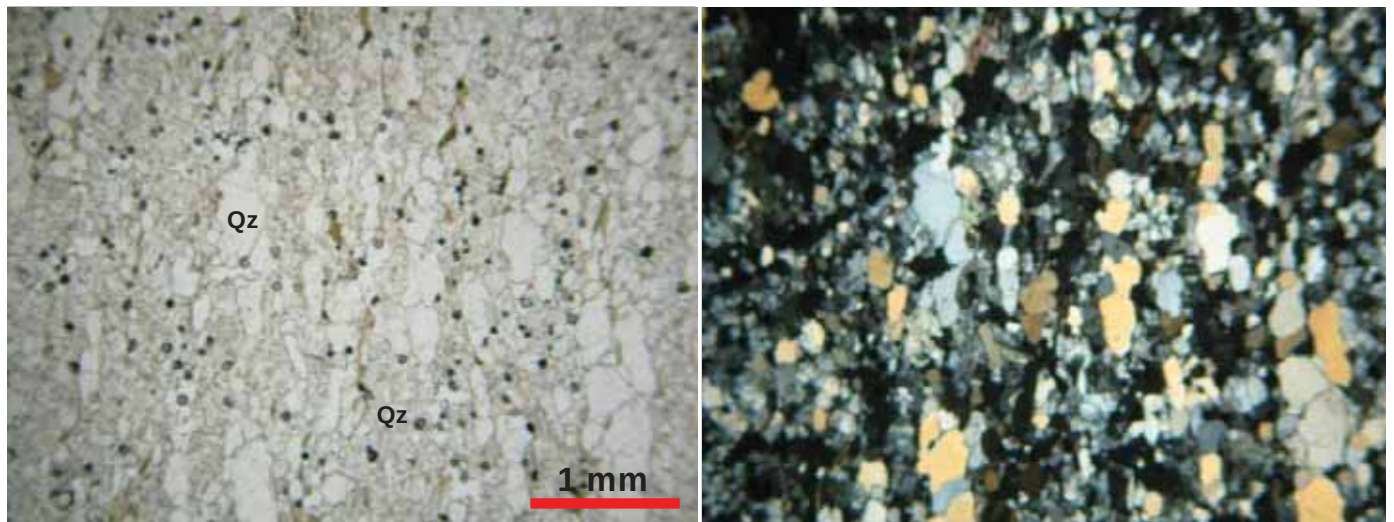
Composição: Quartzo 92% Biotita: 5% Muscovita: 3%.

Descrição: Rocha com estrutura anisotrópica dada por cristais de quartzo estirado, contendo pequenas palhetas de micas orientadas na mesma direção.

O quartzo ocorre de forma anedral, os cristais estirados são maiores (0,5mm a 1,3 mm) e mais bem preservados. Em volta desses cristais o quartzo possui dimensões sub-milimétricas bem menores, como também mostra-se mais desgastado, com várias rachaduras e bordas angulares.

A biotita ocorre como finas palhetas orientadas segundo a direção do quartzo, está dispersa pela lâmina como cristais isolados, com poucos cristais contatando entre si.

A muscovita ocorre com hábito semi-tabular e é isotrópica, possuindo maiores dimensões que a biotita. Exibi-se bastante alterada, com várias porções passando para sericita.



Os cristais de quartzo ocorrem mais bem preservados quando de maiores dimensões, no entanto tanto os cristais milimétricos quanto os submilimétricos encontram-se orientados.